

معهد الانماء العربي



الطاقة الشمسية



د. حافظ قبيسي

٥

الطاقة الشمسية

العلوم المتكاملة

٥

الطاقة الشمسية

اعداد

فريق العلوم المتكاملة

اشراف

د. حافظ قبيسي

معهد الانماء العربي



المركز الرئيسي : ص.ب : ٨٠٠٤ طرابلس
الجماهيرية العربيّة الليبيّة الشعبيّة الاشتراكيّة

فرع لبنان : ص.ب : ١٤/٥٣٠٠ - بيروت

طبعة جديدة ١٩٨١

ساهم في وضع هذا الكتاب :

— الدكتور بسام عويضة

المركز الوطني للبحوث العلمية ، أوديليو ، فرنسا .

— الدكتور سميح هزيمة

كلية التربية ، الجامعة اللبنانية ، بيروت ، لبنان .

— الأستاذ كبرائيل كساب

من الجامعة الأميركية سابقاً ، بيروت ، لبنان .

— الدكتور محمود القرق

مركز الدروس الرياضية ، بيروت ، لبنان .

— الدكتور شكرالله شالوحي

كلية العلوم ، الجامعة اللبنانية ، بيروت ، لبنان .

المقـــدمة

يستعمل الإنسان الطاقة الشمسية منذ القدم . أي منذ بداية تكون الجماعات البشرية . فهو يستفيد من حرارتها في تجفيف ثيابه وتجفيف الفاكهة وحفظها . كما يروى أن النساء الكهنة في بلاد ما بين النهرين كنَّ يستعملن آنية ذهبية مصقولة كمرايا يركزّن بواسطتها أشعة الشمس فوق المذبح ويشعلن ناراً مقدّسة .

وإذا كانت استعمالات الطاقة الشمسية في المجتمعات الزراعية بقيت في حدود تجفيف الأطعمة أساساً . فإن ظهور الثورة الصناعية وتزايد الحاجة العالمية الى الطاقة . رفعت أهمية الطاقة الشمسية في حياة الإنسان الى مصافٍ أعلى .

بقي الفحم في البلاد الصناعية المصدر الأول للطاقة لمدة طويلة من الزمن . ومع مطلع هذا القرن بدأ النفط يحلّ رويداً رويداً مكان الفحم . ليصبح بعد الحرب العالمية الثانية سيّد الطاقة الأوحد .

حتى كان انفجار أزمة الطاقة العالمية في سنة(١٩٧٣). إذ لاح لشعوب الدول الغنية خطر انحباس النفط عنها . كما يلوح خطر المجاعة . مخيفاً يبعث

الرعشة . حينذاك أخذ المخططون والمصممون يبحثون في زوايا بعض المختبرات المهملة عن روّاد قلائل من الباحثين كانوا يعملون ، بإمكانيات قليلة بحثاً عن مصادر للطاقة لا علاقة لها بالنفط .

وأخذت أزمة الطاقة هذه بعداً سياسياً — اقتصادياً يتناول النظام العالمي بأكمله . فالدول الصناعية وهي المستهلكة الأولى للطاقة لا تملك حاجتها من النفط (باستثناء الولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي) ، بينما تقبض الدول النامية على الذهب الأسود تصدره مواد أوليّة وتكاد لا تستهلك منه الا النزر اليسير .

وبدأنا نسمع في العالم الصناعي نغمة جديدة ليس لنا بها سابق عهد . فقد وقف رئيس الولايات المتحدة الأميركية ريتشارد نيكسون مثلاً يتحدث عن استقلال بلاده المهدد ، ويدعو لوضع برنامج ضخم للطاقة يقيها الحاجة الى الآخرين ويضمن لها ذلك الاستقلال . وكان هذا الكلام ينطبق في الواقع على دول أوروبا الغربية واليابان أكثر مما ينطبق على الولايات المتحدة نفسها .

•

وبرزت في المحافل السياسية والأندية الإقتصادية عبارة جديدة هي « بدائل الطاقة » . وتوجهت الأنظار والأفكار والجهود الى الطاقة الذريّة والطاقة الشمسية . وعاد للفحم « بريق » كان قد فقده . ولفّت العالم حمّى سبَّبها سؤال : « ماذا لو نضب البترول ؟ » .

ولم تسلم بعض الدول النامية من تلك القشعريرة وخاصة تلك التي لا تملك حاجتها من النفط . وبدت نتيجة لكل ذلك سلعة جديدة في أسواق العالم هي « المفاعل الذري » المولّد للكهرباء . وبدأنا نسمع بدول نامية كالباكستان وإيران والعراق تسعى لشراء هذه السلعة الجديدة من الدول

الصناعية . بعض هذه الدول يشتري لعدم توفّر النفط لديه ، وبعضها الآخر يشتري توفيراً لنفطه على المدى البعيد .

إن اللجوء الى الطاقة الذرية يمكن أن يكون عنصر استقلال طاقي للدول الصناعية المتقدمة ، هذا اذا افترضنا أن هذه الطاقة الجديدة يمكن أن تحلَّ محل النفط . ونحن من المشككين بصحة هذا الإفتراض في المستقبل المنظور على الأقلّ .

أما الدول النامية التي لجأت أو ستلجأ الى الطاقة الذريّة ، فإنها لن تحصد من هذا اللجوء الا العواقب . ذلك أن المستوى التقني العالي التعقيد لهذه المفاعلات ، سيبقي الدول النامية في حاجة دائمة الى المهارة التكنولوجية في الدول الصناعية لصيانة هذه المفاعلات وتلافي أخطارها . ان هذه العلاقة التجارية الجديدة ، لن تؤدي إلا الى تثبيت حاجة الدول النامية الى الدول المتقدمة وتثبيت تبعيّة الأولى للثانية .

* * *

وهنا تبرز أهمية الطاقة الشمسية في هذا الإطار . فحرارة الشمس ، كمادة أوليّة متوفرة لجميع دول الأرض . وهي أكثر وفرة في الدول النامية (المناطق الإستوائية أو القريبة من خط الإستواء) منها في الدول الصناعية الواقعة في معظمها في نصف الكرة الشمالي .

نقدّم في الجدول التالي بعض المقارنات بين المنطقة العربية في حزام يمتدّ من المغرب حتى فلسطين موازياً لخطّ الإستواء ، وبين المنطقة الأوروبية المحيطة ببحر المانش أو شمالي المانيا . نغطي في كل حالة متوسط الأشعة الشمسية الواصلة الى الأرض ، نقيس ذلك بكمية الحرارة (عدد الوحدات الحرارية ، كالوري) التي يتلقاها سنتيمتر مربع واحد من الأرض المسطحة في اليوم الكامل (انظر الخرائط المرفقة) .

متوسط كمية الحرارة الشمسية اليومية
في السنم٢ في منطقتين جغرافيتين

الشهر	المنطقة العربية	أوروبا الوسطى
آذار — مارس	٤٥٠	٢٠٠
جزيران — يونيو	٧٠٠	٤٥٠
أيلول — سبتمبر	٥٥٠	٢٥٠
كانون الأول — ديسمبر	٢٥٠	٥٠

والطاقة الشمسية تتميّز عن الطاقة الذرية، بتكنولوجيتها البسيطة نسبياً. انها تتلاءم أكثر مع المستوى المهني والعلمي والتكنولوجي للدول النامية.

والطاقة الشمسية لا تعرف ما تعرفه الطاقة الذرية من أخطار. فهي لا تستعين بالمواد المشعّة التي تشكل خطراً على السكان ولا تضع صعوبات شائكة كصعوبات تصريف البقايا المضرّة للمولدات الذرية، أو ضرورة الإستعانة بكميات هائلة من المياه للتبريد وغير ذلك.

وإذا كان العالم الغربي قد ركّز بشكل أساسي، ومنذ الحرب العالمية الثانية، على الأبحاث العلمية في مجال الذرة وسجّل بفضل صناعته المتقدمة تقدماً كبيراً في هذه الأبحاث يصعب على الدول النامية اللحاق به، فإن اهتمامه بالطاقة الشمسية بقي قليلاً ومتردداً. وعلى هذا فإن الفارق التكنولوجي بين الدول المتقدمة وبعض الدول النامية (كالدول العربية) يمكن أن يكون ضيّقاً. ومن غير المستبعد، إذا بذل الجهد اللازم، أن تجد الدول العربية في الطاقة الشمسية مجالاً لكي يكون لها دور ريادي في البحث العلمي.

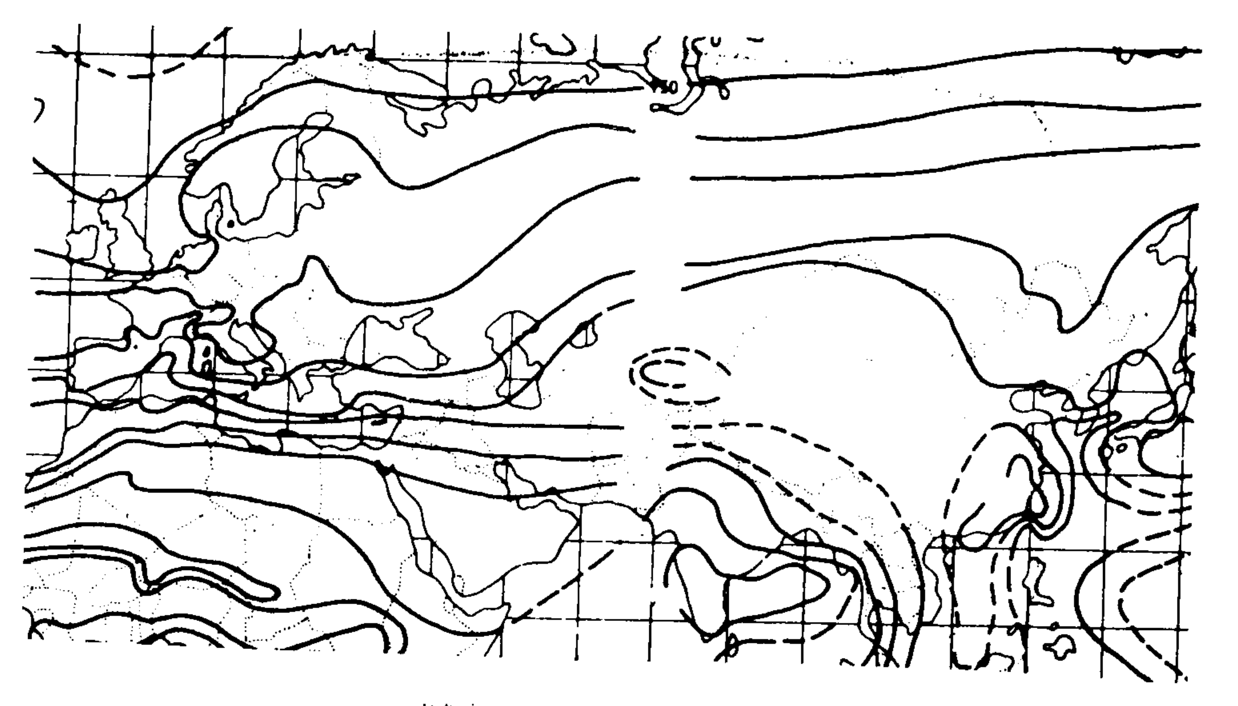
يجيء هذا الكتاب باللغة العربية حول الطاقة الشمسية ليسدّ عدة حاجات :

— لكي يعطي فكرة لغير المتخصصين عن بعض أوجه الطاقة الشمسية وتطبيقاتها .

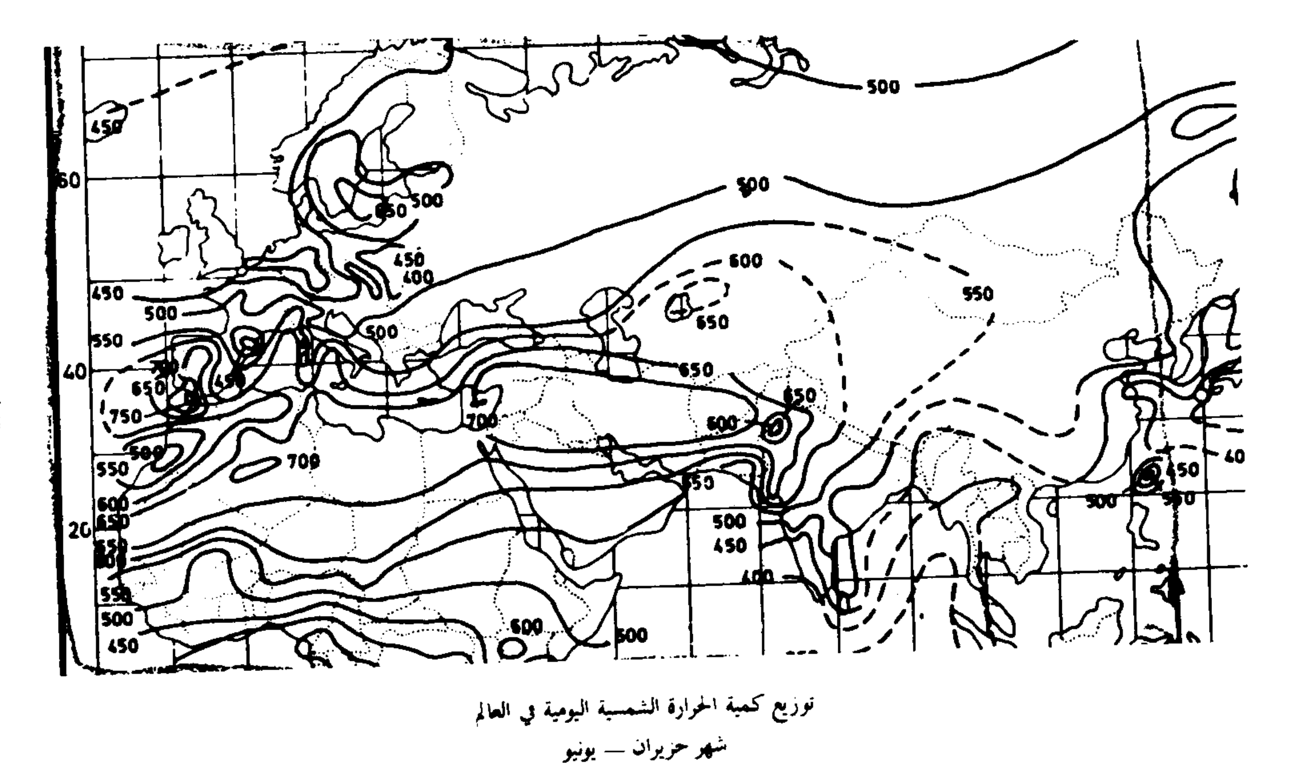
— لكي ينبه الى أهمية الطاقة الشمسية وإمكانياتها .

— لكي يساهم بصورة متواضعة في التوعية العلمية العربية ويضمّ الى المكتبة العلمية العربية التي تحتاج الى المئات من أمثاله .

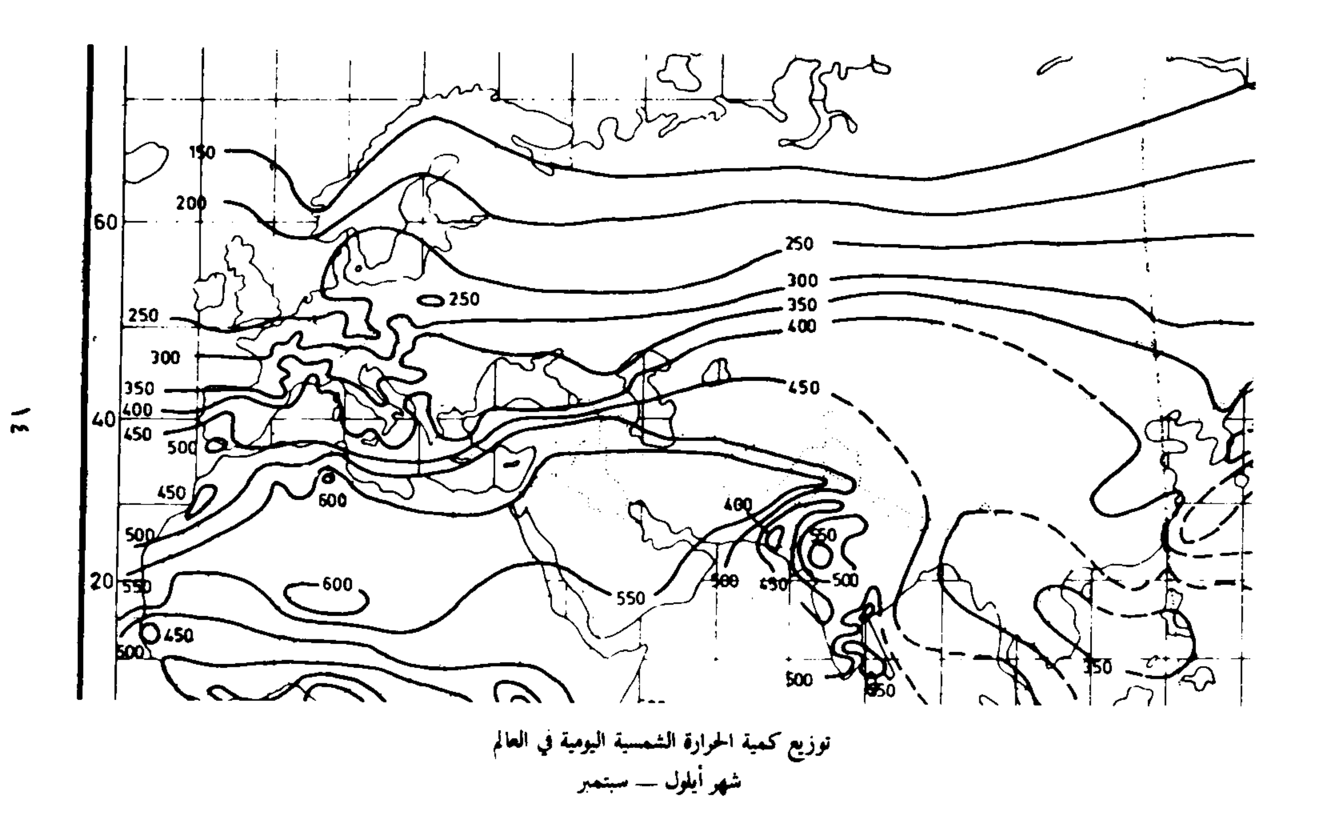
ولقد حرصنا أن يتوجه الكتاب الى غير المتخصصين كما ذكرنا ، فتلافينا أن يأخذ طابعاً مدرسياً مملاً . تحاشينا التفاصيل ، وتخلّينا عن المسح الحصري للمعلومات ، واكتفينا بالأمثلة المبسطة والنماذج الأوليّة . ولكن هذا الحرص لم ينسنا القارىء ذا الثقافة العلمية . احتفظنا لهذا القارىء بحق الاستناد الى بعض المعادلات البسيطة ، التي يمكن للقارىء غير العلمي أن يتعداها دون إساءة الى السياق العام .



توزيع كمية الحرارة الشمسية اليومية في العالم
شهر آذار ــ مارس

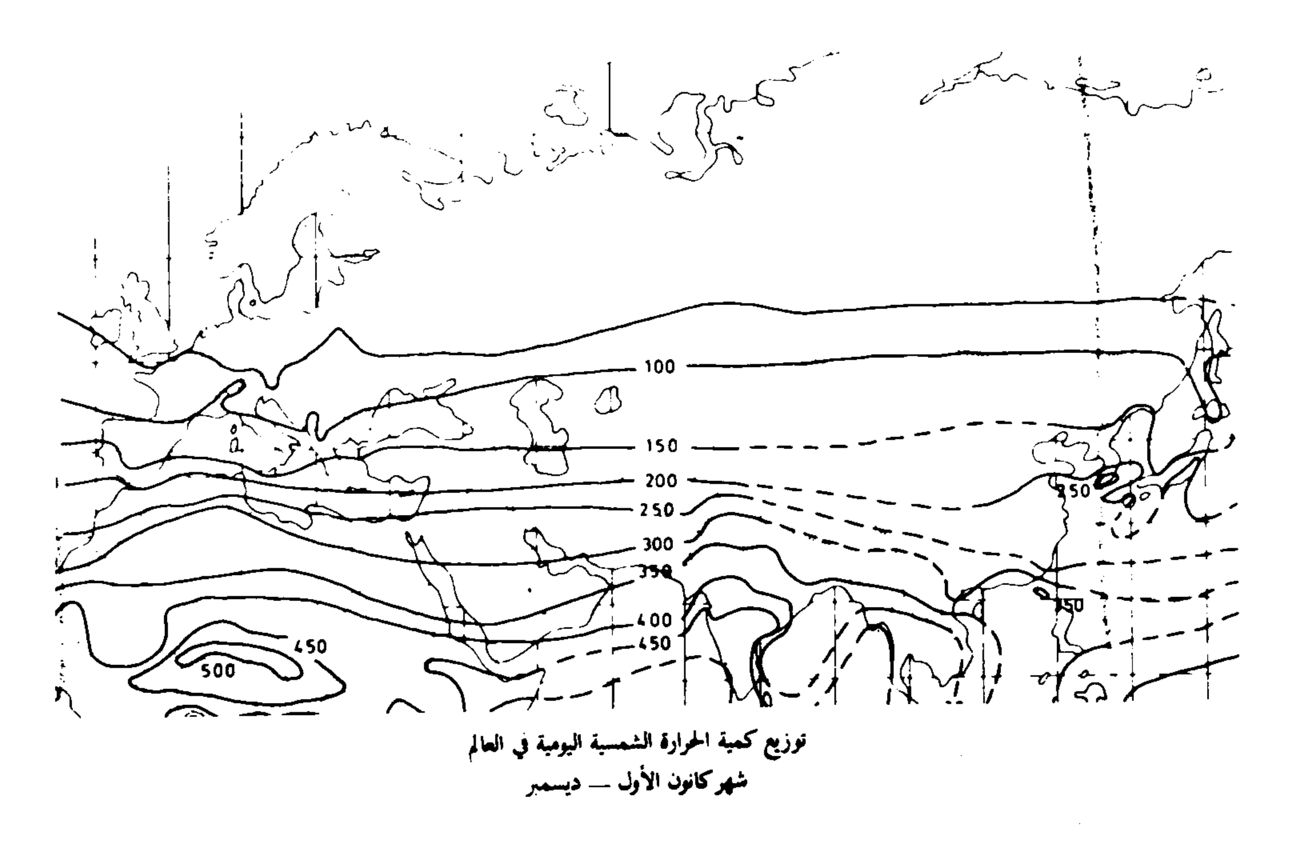


توزيع كمية الحرارة الشمسية اليومية في العالم
شهر حزيران — يونيو



توزيع كمية الحرارة الشمسية اليومية في العالم

شهر أيلول — سبتمبر



توزيع كمية الحرارة الشمسية اليومية في العالم
شهر كانون الأول — ديسمبر

أبحاث الطاقة الشمسية
نظرة تاريخية



الاستعمالات الأولى

يعود تاريخ استعمال الطاقة الشمسية الى عصور انسان ما قبل التاريخ. في العصر الحجري ، استعمل الانسان الشمس لتدفئة جسمه والوقاية من البرد وتجفيف وقوده وطعامه .. ويذكر ان النساء الكهنة في المعابد في ما بين النهرين كنَّ يستعملن آنية ذهبية مصقولة ليشعلن بها النار فوق المذبح .

ويذكر فاينبرج (Veinberg) (١٩٥٩) أن التماثيل الصوتية لأمنخوتيب الثالث (Amenkhotep) (١٤٥٥—١٤١٩ ق.م.) في مصر كانت تعمل بواسطة الهواء المُسَخَّن بنور الشمس المتساقط على هذه التماثيل عند شروقِ الشمس في الصباح . كما يذكر فاينبرج أيضاً أن الطير الصناعي المُغَرِّد الذي كان يقوم فوق ضريح زاري ميمنون (Zari Memnon) ، إبن امنخوتيب ، كان يعمل أيضاً بفعل نور الشمس في ساعات الصباح الباكر .

ولكن التحدي الأكبر لعلماء القرن السابع عشر كانت قصة ارخميدس (Archimedes) (٢٨٧ — ٢١٢ ق.م.) ذلك العبقري والعالم والمُكتَشِف من مدينة سيراكوس (Syracuse) التي كانت تحت حكم هيرون الثاني (Heiron) (٢١٤ — ٢٠٠ ق.م.) . كيف قام بصَدِّ اسطول القائد الروماني الغازي مارسيلوس (Marcellus) في عام

(٢١٢ ق . م .) . وذلك بتسليط أشعة الشمس على الأسطول وأحراقه وهو بعيد عن المدينة . كما يذكر ذلك كالن (Galen) (١٣٠ — ٢٢٠ م) . وقد طال الجدل حول صِحّة هذه القصة واعتبرها البعض نوعاً من الخرافة . لأن المؤرخ ليفي (Livy) الذي عاش بين عام (٥٩ ق . م و ١٧ م). لم يذكر شيئاً عنها عند وصفه للغزو الروماني . بينما اشار اليها بلوتارخ (Plutarch) بصورة جانبية . اذ يقول : عندما شاهد الرومان ما أصابهم من مصيبة من مصدر غير منظور أخذوا يفكرون أنهم كانو ،حاربون الآلهة .

ويقول البعض ان بلوتارخ أشار الى ما سَمّاه «بنار الإغريق» ولكن ذلك كان معروفاً عام (٢١٢ ق . م .) . ولذا لم يكن ليثير مثل هذه الرواية . وقد سبب هذا الغموض والابهام لغزاً لعلماء عصر النهضة بعدئذ .

والسؤال الرئيسي هو : هل كان لَدَى أرخميدس المعرفة العلمية الكافية في علم الضوء والمرئيات ليتمكن مِن صنع آلة بسيطة يركِّز بها أشعة الشمس على نقطة معينة حيث كانت السفن الرومانية ويعمل على احراقها وهي بعيدة . مع العلم أن أرخميدس وضع كتاباً حول المرايا المُحرقة . ولكن لم تبقَ منه نسخة لتثبت لنا صحة ذلك . وللكتاب هذا يجب أن يعود تاريخه الى ما قبل الغزو الروماني . فقد قُتل أرخميدس بعد أقل من سنة . من الغزو المذكور . عندما سقطت سيراكوس نهائياً بنتيجة الهجوم البري عليها . فاذا كان قد كَتَبَ فعلاً كتاباً حول المرايا المحرقة . فذلك يعني أنه كان لديه المعرفة الأساسية ليقيم ستاراً من الأجسام العاكسة على طول جدار الميناء . لِيُرعِبَ بها الاسطول الغازي . ولا تزال تُسمّى أي مجموعة من المرايا العاكسة التي تعكس أشعة الشمس الى نقطة واحدة مشتركة بمرايا أرخميدس .

ولا نجد بعد أرخميدس أي تقدم يذكر في استخدام الطاقة الشمسية حتى بزوغ عصر النهضة الأوروبية . وآخر ما لدينا حول استغلال هذه الطاقة

في عهد الامبراطورية الرومانية . كان ما ذكره المؤرخ إيوانه زوناراس (Ioanna Zonaras) في القرن الثاني عشر عندما ذكر أن بروكلوس Proclus اعاد تجربة أرخميدس باستعماله عدداً كبيراً من المرايا ليُحرق بها اسطول فتيليوس (Vitellius) في حصار القسطنطينية .

وفي الطرف الجنوبي من البحر الأبيض المتوسط كانت الحضارة العربية في ازدهار . لكن لم تصلنا معلومات حول استخدام العرب الطاقة الشمسية في غايات معينة فقد ازدهر في عهدهم علم الفلك والرياضيات والعلوم الطبيعية الأخرى ولكن لا نعلم فيما اذا حاولوا استخدام الشمس وطاقتها خصوصاً في الصحراء الكبرى . وقد انتقلت منهم بذور العلم تدريجياً الى أوروبا . خاصة عبر التجارة والملاحة البحرية . التي عمل الصليبيون على إنعاشها وتشجيعها . حتى برزت جلياً في عصر النهضة .

القرن السابع عشر :

بعد مرور ثمانية عشر قرناً على أرخميدس قام اتاناسيوس كيرشر (Athanasius Kircher) (١٦٠١ — ١٦٨٠ م) ببعض التجارب لايقاد كومة من الخشب عن بعد . ليثبت اذا كان لقضية أرخميدس أساس علمي . وقد بقيت المرايا الزجاجية المحرقة الواسطة الرئيسية في استخدام الطاقة الشمسية خلال الأجيال التالية . لكن حب الاستطلاع والاستكشاف دعت الانسان الى التفتيش عن أجوبة لأسئلة أكثر أهمية .

فقد ذكر أن سالومون دي كو (Salomon de Caux) قام عام (١٦٥) بصنع نوع من المحرّك الشمسي باستعماله عدسات زجاجية مثبتة في اطار . تقوم بتركيز أشعة الشمس على إناء محكم السد مملوء جزئياً بالماء . فبفضل حرارة الشمس أخذ الهواء في الاناء بالتمدد مما دفع الماء الى الخروج

بقوة بشكل نافورة صغيرة . وقد يصلح هذا الجهاز ربما كلعبة خاصة بالملوك . ولكنه يشير الى تجدد اهتمام العلماء بالطاقة الشمسية .

والحادثة الثانية كانت في فلورنسه المدينة التي بعثت بروحها الى احياء الثقافة والتعليم فكان بزوغ عصر النهضة الأوروبية . في عام (١٦٩٥) حاول افيراني (Averani) وتارجيوني (Targioni) صهر الالماس بواسطة مرآة محرقة . ولكن ليس لدينا غير القليل من المعلومات عن نتيجة هذه التجربة . انما يمكن التأكيد أنه اذا كانت المرآة المستعملة كبيرة بدرجة كافية كانت ستؤدي الى تفتت قطعة الالماس وتبعثرها واحتراقها الى غاز ثاني أوكسيد الكربون. دون أن تترك في راسب أو أثر بعدها . فالالماس لا ينصهر بل يتسامى أي يتحوّل الى بخار مباشرة دون انصهاره الى سائل .

هذا وفكرة استخدام الطاقة الشمسية لمعالجة وصهر المواد الصلبة التي لا تنصهر بالنار العادية فكرة واردة حتى في عصرنا هذا . اذ تستعمل الآذان الشمسية الكبيرة لصهر وصناعة المواد القاسية . الشديدة الصلابة .

وقد وجد إرنفريد فون تشرنهاوس (Ehrenfried Von Tschirnhaus) (١٦٥١ — ١٧٠٠) عضو الاكاديمية الفرنسية للعلوم فوائد أخرى عملية في استخدام الطاقة الشمسية . إذ قام باستعمال عدسات قطرها (٧٦سم) لصهر المواد الفخارية السيراميكية . وقد حصل هومبرغ (Homberg) طبيب دوق أورليانز على احدى هذه العدسات واستخدمها في صهر الذهب . والفضة . كما قام زميله المدعو جيوفروي (Geoffroy) بعدئذ باستعمال نفس العدسة لصهر الحديد والنحاس والقصدير والزئبق من خاماتها .

القرن الثامن عشر :

لقد أدت الأعمال والتجارب في استخدام الطاقة الشمسية في القسم الأخير من القرن السابع عشر الى نشاطات واندفاعات عديدة في هذا الحقل خاصة في فرنسا . مثال ذلك تلك الأفران الشمسية العديدة المرايا التي قام بانشائها العالم الطبيعي جورج لويس ليكلرك بوفون (George Louis Leclerc Buffon) (١٧٠٧ — ١٧٨٨) والتي لا تزال باقية حتى اليوم في متاحف فرنسا دليلاً وشاهداً على نبوغ وكفاءة هذا العالم . ويتألف أكبرها من (٣٦٠) مرآة صغيرة مسطحة مثبتة . مستقلة تعمل معاً لتوجّه نور الشمس الى بؤرة واحدة معينة .

فقد قام بوفون بمظاهرة دراماتيكية في الحدائق الملكية في باريس عام (١٧٤٧) . اذ عَرَض فرناً أصغر يتألف من (١٦٨) مرآة مساحة كل منها ستة إنشات مربعة . تمكّن بواسطته من إشعال كومة من الأخشاب من بعد (٦٠) متراً . وقد استنتج بوفون من تجربته هذه أن مأثرة أرخميدس كانت صحيحة . وأن الأخير ربما قام بعمليته عن بُعد (٣٠ — ٤٠) متراً . عندما عَمِل على اشعال واحراق السفن الرومانية الغازية . مع العلم أن ميناء سيراكوس القديم كان يحتاج الى مسافة تتراوح بين (٥٠ و ٦٠) متراً . ولا نعلم كيف توصّل بوفون الى تقدير المسافة القصيرة . فلربما شعر بصعوبة إنشاء فرن شمسي كبير في ذلك العهد بالنظر الى التكنولوجيا البدائية التي كانت متوفرة عام (٢١٢ ق . م) . انما غاب عن بال بوفون أن أرخميدس كان عالماً بالمبادىء العلمية التي تقوم عليها الأفران الشمسية ولذا استخدم كل ما توفر لديه لمحاصرة الأسطول الغازي والقيام بمأثرته الشهيرة .

ويصف لنا نيكولاس دي سوسور (Nicholos de Sausure) (١٧٤٠ — ١٧٩٩) أولى تجاربه في صنع أفران شمسية لطهي الطعام وتحضيره . وقد كان فرنه يتألف من قطع زجاجية . وُضعت متباعدة فوق

سطح أسود داخل صندوق معزول ، فعند نفاذ نور الشمس الى الصندوق تمتصه القطع الزجاجية ، وهذه بدورها تعمل على تسخين السطح الأسود ، الى درجة حرارة بلغت (٨٨ْم) (١٩١ْف) وعندما غُلِّفَت القطع الزجاجية بغلاف أسود أيضاً تمكن من الحصول على درجة حرارة أعلى بلغت (١٦٠ْم) (٣٢٠ْف) .

وفي عام (١٧٤٧) قام العالم الفلكي الفرنسي جاك كاسيني (Jack Cassini) من مرصد باريس ، بصنع عدسة بلغ قطرها (١١٢) سم وقدّمها الى لويس الخامس عشر ملك فرنسا آنئذٍ ، وقد تمكّن بواسطتها الحصول على حرارة تزيد على (١٠٠٠ْم) (١٨٣٢ْف) ، كافية لصهر قضيب من الحديد في بضع ثوانٍ . ولصهر الفضة وتحويلها الى حبيبات من الفضة السائلة ، تحوّلت بدورها الى خيوط أشبه بالشعر عند سقوطها في الماء البارد .

وانطوان لافوازيه (Antoine Lavoisier) (١٧٤٣ — ١٧٩٤) ابو الكيمياء الحديثة ، قام بدوره أيضاً بتجارب على الافران الشمسية وكانت افرانه هذه عبارة عن لوحتين من الزجاج مثنيتين لتكوّنا عدسة محدّبة الطرفين ، وقد ملأ الفراغ بين الزجاجتين بالكحول . وبلغ قطرُ هذه العدسة السائلة (١٣٠) سم وبُعدُها البؤري (٣٢٠) سم ، ولكن قوة انكسار هذه العدسة لم تكن كافية لتُولد حرارة عالية عند البؤرة ، لذا وضع عدسة أصغر قرب بؤرة الأولى ليصبح البعد البؤري أقصر ، فتمكّن بواسطة هذه العدسة المركّبة من صهر معظم الفِلزات حتى البلاتين في درجة حرارة (١٧٦٠ْم) (٣٢٠٠ْم) .

القرن التاسع عشر :

يَبْرُزْ موضوع الأفران الشمسية ثانية في السجلات العلمية كما يقدمها لنا العالم الفلكي الانكليزي جون هِرشِل (John Herschel) إبن العالم الفلكي الشهير السير وليم هرشل . إذ قام جون بصنع فرن بسيط لرحلته الى رأس الرجاء الصالح في جنوب افريقيا عام (١٨٣٧) . وكان فرنه هذا . عبارة عن صندوق اسود دُفن في الرمل لعزله حرارياً . وكان له غطاء مؤلف من طبقتين من الزجاج يسمح لنور الشمس بالنفاذ الى داخله ولكنه يمنع حرارتها الناتجة من الخروج . وقد تمكّن جون بواسطة جهازه البسيط هذا من الحصول على درجة حرارة بلغت(١١٦°م)(٢٤٠°م) وقد استخدم افراد الحملة هذا الفرن البسيط لتحضير طعامهم وطهي اللحوم والخضروات .

والعـــــــــــالم الالماني هنري بسمر (Henry Bessemer) (١٨١٣ ـــ ١٨٩٨) ذو الشهرة العالمية في صناعة الفولاذ . قام هو أيضاً بتجارب لصهر المعادن والفلزات بواسطة الأفران الشمسية . فقد قام ببناء فرن قطره (٣٠٥)سم يتألف من عدد من المرايا الصغيرة المسطحة وكان بامكانه استخدام مثل هذا الفرن لصهر النحاس والحديد والخارصين وغيرها من الفلزات ولكنه فقد سريعاً اهتمامه بالأفران الشمسية واتجه الى مصادر أخرى للحرارة لتصنيع الحديد وتحويله الى فولاذ .

وأول تجربة في استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الحرارة داخل إناء مفرَّغ من الهواء . قام بها العالمان ستوك (Stock) وهاينمان (Heynemann) في المانيا . وكان فرنهما يتألف من عدد من العدسات الزجاجية ، بلغ قطرها (٧٦)سم . وبُعدُها البؤري (٥٠)سم . فالبصلة الزجاجية المفرّغة من الهواء . تقوم بتوصيل حرارة الشمس (دون أن تسخن هي نفسها) الى النماذج التي وضعت داخلها في بوتقة من المغنيسيوم . وقد نجحا بهذه الطريقة في صهر نماذج من السليكون والنحاس والحديد والمنغنيس .

أما التجارب الأولى لتحويل الطاقة الشمسية إلى أنواع أخرى من الطاقة ، فقد تركّزت حول توليد بخار ذي ضغط واطىء لتسيير الآلات التجارية ، وكان من رواد هذه التجارب أوكوست موشو (August Mouchot) ، الذي قام بين عام (١٨٦٤) و(١٨٧٨) ، بصنع آلات بخارية تسير بالطاقة الشمسية ، منها تلك التي قامت الحكومة الفرنسية عندئذ ببنائها في مدينة تور (Tours) ولكنه تبين لها بعدئذ أنها مكلّفة كثيراً وليست اقتصادية ، اذا أريد انتاجها بقياس تجاري . كما تمَّ أيضاً بناء آلة أخرى ، في الجزائر ، وقد وصف موشو تجاربه هذه في منشوراته عام (١٨٦٩) .

وفي عام (١٨٧٥) أدخل موشو تحسيناً ملحوظاً في تصميم المُجمَّع الشمسي (Collector) ، إذ قام بصنع واحد بشكل قمع مبتور الرأس . فالمرايا الكروية أو الخروطية تعمل على تجميع النور في نقطة صغيرة حيث يوضع النموذج أو الجسم المراد تسخينه ، أما قمع موشو والمعروف حالياً بالأكسيكون (axicon) فيقوم بتجميع النور بصورة متساوية حول محور القمع وبذا يمكن استعمال أنبوب لامتصاص الطاقة . وحيث أن كثافة النور في هذه الحالة تكون أقل منها عندما يتم تجميع النور في نقطة واحدة لذا تكون درجة الحرارة القصوى الممكن الحصول عليها أدنى أيضاً مما هي في الحالة الأولى .

وكان «أكسيكون» موشو هذا يتألف من لوحات معدنية مطلية بالفضة . قطرها (٥٤٠) سم ومساحة سطحها (١٨,٦) م^{٢} ، وتزن الأقسام المتحركة منه (١٤٠٠) كغم . وذكر أن بامكانه تجميع نحو (٨٧٪) من حرارة الشمس وتوجيهها على المرجل البخاري . وان الآلة البخارية هذه أعطت ما يساوي (١.٥) كيلوواط (Kilowatt) من الطاقة ، وهذا يعني أنها تستعمل أقل من (٣٪) من الحرارة التي تصلها . مع العلم أن

الآلات البخارية العادية التي تعمل بالفحم الحجري تتراوح كفاءتها[1] (efficiency) بين (٩ و ١١٪) لأنها تعمل في درجة حرارة أعلى .

وقد قام أبيل بيفر (Abel Pifre) المعاصر لموشو ببناء آلات بخارية شمسية . وكان وَلِعاً بعرضها على الجمهور. وكانت مجمعاته الشمسية بشكل مخروطي . تتألف من عدد من المرايا الصغيرة ، تشبه نوعاً أقماع موشو المقطوعة . وقد عَرض إحدى هذه الآلات في معرض باريس لعام (١٨٧٨) . وهي تقوم بتشغيل آلة طابعة (كما في الشكل ١ — ٣) . وكان يأمل الحصول على زبائن كثيرين لآلته البخارية الشمسية هذه ، ولكنه خاب أمله فقد وجد العديد من الحشريين المتشوقين ولكن القليل فقط من المشترين .

وفي عام (١٨٨٢) قام ثانية بعرض آلته هذه في حدائق قصر التوليري (Tuilerie) الشهيرة في باريس ، مبيّناً أيضاً كيف تقوم بتشغيل آلة طابعة .

أما جون إريكسون (John Ericson) من الولايات المتحدة الذي نال شهرة في الحرب الأهلية الأميركية ، بسبب قيامه ببناء السفينة الحربية مونيتر (Monitor) فقد قام بتوجيه اهتمامه الى صنع وإنتاج آلات بخارية شمسية بين العام (١٨٧١ و ١٨٨٤) . فأخترع آلته المعروفة بدورة إريكسون للهواء الساخن (Ericson–cycle hat–airengine) ، لتحويل حرارة الشمس الى قوة محركة . وذلك بواسطة مجمّع مخروطي (كما في الشكل ١ — ٤) واستخدم في ذلك سطحاً عاكساً اسطوانياً مطوياً بشكل مخروطي ومثبتاً فيه لوحات زجاجية رقيقة مطلي قفاها بالفضة ومثنية لتطابق الجسم المخروطي (بواسطة أطراف من الحديد) ، تدور حول محور

---

(١) كفاءة الآلة هنا تساوي نسبة الطاقة التي تعطيها الى نسبة الطاقة التي تمتصها .

عمودي ، متابعة بذلك لحركة الشمس . وذكر أن هذا الجهاز أعطى نحو (٠,٧) كيلوواط لكل (٩,٣) م² من سطح الجسم العاكس .

وقد درس إريكسون بعناية الامكانيات العملية لاستخدام الآلات البخارية الشمسية ، وكان ينفق على تجاربه هذه من جيبه الخاص . وبلغ ما أنفقه نحو (٩٠٠٠٠) دولار ، وهو مبلغ كبير بالنسبة الى تلك الأيام . وقد استنتج بعد بنائه آلته البخارية الشمسية الأخيرة . أن هذه الآلات تكلّف عشرة أضعاف سعر الآلات الأخرى التي تشتغل بالطاقة العادية ، وأنها من الوجهة الاقتصادية قد لا تصلح الا في المناطق الصحراوية النائية حيث الشمس المحرقة .

وكان العالم الانكليزي ادامس (W. Adams) الذي كان يعيش في بومباي في الهند ، قد قام بدراسة الجانب العملي من صناعة الآلات البخارية الشمسية ، فكتب عام (١٨٧٨) كتاباً صغيراً نشر في الهند يشرح فيه تجاربه حول الحرارة الشمسية . وقد بنى أكبر آلاته هذه من اسطوانة فارغة قطرها (١٢) متراً . مغطاة من الداخل بصفائح صغيرة من الزجاج المفضض ، وثبت له نجاح هذه الآلة ولكن أحد مساعديه خطرت له فكرة «وقّادة» ان يضع صخرة فوق صمام الأمان في الآلة ليزيد من قوّتها ، فكانت النتيجة طبعاً انفجار الآلة .

وقد قام أدامس بعدئذ بصنع مِرجل أقوى تمكّن بواسطته من تشغيل مضخة بقوة (٢) كيلوواط . بشكل متواصل في المبنى المجاور لمسكنه في ميدل كولابا (Middle Colaba) في بومباي . كما قام أيضاً بصنع طباخات شمسية . لكنه اكتشف مثل زميله موشو . أن نور الشمس يولد في اللحم طعماً ورائحة كريهين خلافاً للحطب والفحم .

والآلات البخارية الشمسية التي بناها موشو . بالاضافة الى الاهتمام الذي أولاه الجمهور بالعلوم عامة ، في العقدين الأخيرين من القرن التاسع

عشر . أدت الى نشاطات كبيرة في هذا الحقل . مما أدى الى العديد من براءات الاختراع ، التي مُنِحَت عندئذ دون النظر فيما اذا كانت تلك البراءات قابلة للتطبيق أم لا .

والمعلوم أن الآلات البخارية الشمسية التي بُنيت عام (١٨٨٠) كانت تعمل فقط أثناء النهار وخلال الأيام المشمسة فقط مما يحد من فائدتها . فقد حصل سيفري (M. L. Severy) عام (١٨٩٣) على براءة إختراع لصنع آلة بخارية شمسية لانتاج الكهرباء تعمل بالتعاون مع بطاريات خازنة . وبذا تؤمن الحصول على الكهرباء طوال (٢٤) ساعة من اليوم . ولكنه لم يذكر في براءته هذه كلفة هذه الآلة وقيمتها الاقتصادية . مع العلم أن البطاريات الخازنة تزيد من كلفتها كثيراً وتجعل الآلة الشمسية أكثر كلفة وأقل اقتصاداً مما قدّر اريكسون قبلاً . ويظن أن هذه الآلة لم يتم بناؤها فعلاً .

وعقب هذا التقدم الذي أحرزه موشو وبيفر واريكسون وأدامس في أبحاث الطاقة الشمسية فترة خمول . وتوقف نوعاً حتى حلول القرن العشرين عندما عاد النشاط ثانية بافكار طموحة . مثل البراءة التي حصل عليها بار (C. G. O. Barr) عام (١٨٩٦) لصنع آلة بخارية شمسية مُستخدماً فيها صفاً من المرايا نصف المخروطية (semiparabolic) مثبته على عربات قطار فوق سكة حديد دائرية مع مرجلٍ ثابت يقع في بؤرة هذا النظام . ويمثل هذا الاختراع مقدمة لبعض الاختراعات السوفياتية في القرن الحالي — وكذلك للمشروع الاميركي لانتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية المعروف ببرج القوة الكهربائية (Power Tower) مع العلم أن مشروع بار هذا لم يَرَ النور .

وخلافاً لنظام المرايا ومراجل البخار لتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة ميكانيكية . كان إقتراح وستون (E. Weston) عام (١٨٨٨) فقد

اقترح ، وستون استعمال جهاز جديد يدعى بالمزدوج الحراري [1] (thermocouple) فبتعريض أحد طرفي المزدوج الى نور الشمس يتولّد جهد كهربائي بين الطرف الساخن والطرف البارد . وقد بعثت تجارب وستون أفكاراً جديدة في حقل المحولات الحرارية الكهربائية الشمسية دامت نحو عشر سنوات من بعده ظهرت بشكل براءات اختراع في هذا الحقل .

وكان تقطير الماء بفعل حرارة الشمس من المواضيع الأخرى التي نالت أيضاً اهتمام الباحثين في القرن التاسع عشر . فقد صمم هاردن (J. Harding) جهازاً لتقطير الماء للحصول على ماء عذب . وقام ببناء هذا الجهاز شارل ولسون (Charles Welson) في مدينة لاس ساليناس (Las Salinas) في التشيلي عام (١٨٧٤) . وكان يغطي مساحة قدرها (٤٧٠٠) م٢ وينتج (٢٣٠٠٠) لتر من الماء العذب يومياً في الأيام المشمسة ، على علو (١٣٠٠) م .

وقد بقي هذا الجهاز يعمل لمدة أربعين عاماً . توقف بعدها بعد أن تمّ جَرُّ الماء العذب من جبال الاندس الى أنتوفاغاستا (Antofagasta) . ولم تتجاوز كلفة اللتر الواحد من الماء العذب الناتج مع تكاليف الصيانة $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الدولار أي عشر السنت الواحد .

القرن العشرون :

لقد كانت البحوث العلمية في حقل الطاقة الشمسية في تقدم مطّرد عند مطلع القرن العشرين . يستدل ذلك من براءات الاختراع العديدة التي مُنِحت للعلماء الباحثين والمهندسين لانتاج أفران شمسية وآلات بخارية

---

(١) المزدوج الحراري عبارة زوج من سلكين من فلزين مختلفين مبرمين معاً .

شمسية لانتاج الكهرباء . مثل تلك التي نالها سيفري (M. L. Severy) بين عام (١٨٩٣) و (١٩٠٩) والتي أتت بأفكار جديدة تجمع بين الآلات التجارية الشمسية والبطاريات الخازنة لانتاج الكهرباء .

وقد قام إش . إي . ويلزي (H. E. Willsie) وجون بويل الابن (John Boyle Jr.) بين عام (١٩٠٢) و (١٨١٨) باتباع طرق مختلفة لبناء الآلات البخارية الشمسية . فاستعاضا عن المرايا العاكسة التي استعملت في الماضي بمجمعات مسطحة . فالشمس تدخل الجهاز خلال نافذة من الزجاج فتمتصها طبقة رقيقة من الماء يجري فوق قاعدة سوداء . ويقوم هذا الماء الساخن بتبخير سائل طيار مثل الأمونيا أو الأثير أو ثاني أوكسيد الكبريت — أي ما يسمى بنظام السائلين— وقد ادعى ويلزي أنه الأول الذي فكر في استخدام مثل هذا النظام . بينما كان مكهنري (McHenry) قد سجّل براءة باسمه لنظام مشابه في عام (١٩٠٠) .

وقد شيّد ويلزي أول نظام من هذا النوع في مدينة اولني من مقاطعة ايلينوي في الولايات المتحدة الاميركية . وذلك من مواد بسيطة ورخيصة . فالجهاز الماص (absorber) لنور الشمس كان عبارة عن خزان من الخشب مغطى بطبقتين من زجاج النوافذ وقد عُزل هذا الخزان حرارياً بواسطة القش ، وبُطّن من الداخل بورق من القار الأسود . فتمكن بواسطة هذا الجهاز البسيط البدائي من الحصول على درجات حرارة عالية ، حتى في أيام شهر اكتوبر —تشرين الأول— الباردة في تلك المنطقة ، كافية لتبخير ثاني أوكسيد الكبريت المسال ليقوم بدوره بتشغيل الآلة البخارية .

وبالقرب من مدينة هارديفيل (Hardyville) من ولاية اريزونا (من الولايات المتحدة الاميركية) قام ويلزي ببناء نظام آخر واستعاض فيه عن القش كعازل حراري ، بالرمل . وقد حملت هذه التجارب ويلزي على

تأسيس شركته المعروفة بشركة ويلزي للطاقة الشمسية عام (١٩٠٤) وقامت هذه الشركة بتشييد نظام آخر لانتاج الكهرباء باستعمالها الامونيا المسال كسائل طيار وذلك في مدينة سانت لويس (St. Louis) من ولاية ميسوري بقوة (٥) كيلوواط . وتلا ذلك نظام آخر بقوة (١٥) كيلوواط قامت ببنائه شركة بويل وادوارد ويمن (Boyle & Edward Wyman) عام (١٩٠٥) في نيدلس (Needles) في ولاية كاليفورنيا في الصحراء المحاذية لنهر كولورادو لتشغيل مضخة للري وتجهيز ماء مُبّرد لمكثف النظام نفسه . ونظام آخر يعمل بواسطة ثاني أوكسيد الكبريت مسال بقوة (١١) كيلوواط على مساحة (١٨٦) م٢ .

ورغم أن هذه الأنظمة تعتبر من الوجهة التجارية فاشلة فهي من الوجهة التقنية تمثل تقدماً ملحوظاً اذ أثبتت أن الأجسام الماصة المسطحة لا تتأثر بالغيوم وامثالها خلافاً لنظام المرايا .

وفي العام (١٩٠٤) قام الكاهن البرتغالي الاب هيميلايا (Himilaya) ببناء فرن شمسي . تمّ عرضه في معرض سانت لويس العالمي . وكان هذا الفرن حديث البناء كبير الحجم . يتألف من مجمّع بشكل قرن مخروطي الشكل بعلو (١٢.٨) م ويتألف من عدد من المرايا الصغيرة المسطحة مساحة كل منها (٥ × ١٠) سم . وذا حجم كبير ليتمكن من ملاحقة الشمس من بزوغها حتى غروبها . متحدياً بذلك العوامل الاقتصادية وكذلك قساوة الزوابع الموسمية .

وقد بدأ في الوقت نفسه فرانك شومان (Frank Shuman) عام (١٩٠٦) تصميم نظام ذي سائلين . بموجب مبدأ ويلزي . باستعماله صفائح مسطحة لالتقاط نور الشمس وأكمل . عام (١٩٠٧) بناء أول آلاته هذه بقوة (٢.٦) كيلوواط . وبلغت مساحة الجسم اللاقط لأشعة

الشمس (١١٠) م^{٢} . تقوم أولاً بتسخين الماء وهذا بدوره يقوم بتبخير الأثير السائل .

وقد أدخل تحسيناً الى نظامه هذا في النموذج الذي بناه في بلدة تاكوني (Tacony) قرب فيلادلفيا . عام (١٩١١) . اذ أضاف اليه مرايا مسطحة ثبّتها حول حوافي المجمع الشمسي لتعكس كميات اضافية من نور الشمس . وبذا مضاعفة الطاقة الناتجة . وكانت مساحة الجسم المجمع (٩٦٠) م^{٢} والقوة الكهربائية الناتجة (٣٢) كيلوواط .

وكانت التجربة ناجحة مما شجّعه على تأسيس شركة الكهرباء الشمسية المتحدة (لنصف الكرة الشرقي) . لتسويق هذا الجهاز بصورة تجارية .

وقد كان في انتظار شومان وشركته الحديثة مفاجأة أكثر إثارة إذ قام عام (١٩١٢) بالتعاون مع شركة سي . في بويس (C. V. Boys) ببناء أكبر مضخة شمسية في العالم في منطقة المعادي في مصر . وتتقدم هذه المحطة على الجهاز البسيط الذي أقيم في تاكوني . إذ كان يقوم على استعمال اسطوانات مخروطية تعكس نور الشمس على أنبوب ماص طويل وبلغ طول كل اسطوانة (٦٢) م ومجموع مساحة الاسطوانة (١٢٠٠) م^{٢} . وقد ثبتت هذه الاسطوانات العاكسة في شكل دائري كي تعكس نور الشمس دائماً على الأنبوب الماص . وبلغت قوة الكهرباء الناتجة (٣٧) الى (٤٥) كيلوواط لمدى خمس ساعات متواصلة في اليوم . وقد استمرت هذه المحطة تعمل مدة سنتين توقفت بعدها عن العمل بسبب الحرب العالمية الأولى ، وبسبب ظهور وسائل أخرى لانتاج الكهرباء أقل كلفة .

وشاهد عام (١٩٢٠) بروز العالم أبوت (C. G. Abbot) واهتمامه بالطاقة الشمسية . إذ قام منذ عام (١٩٠٥) بدراسة الشمس وكانت له بين وقت وآخر اتصالات مع العلماء والباحثين في هذا الحقل مثل إنياس

وويلزي وكودارد . ولم ينشر أبوت في أوائل أيامه إلا القليل حول الطاقة الشمسية ولكن سلسلة منشوراته الطويلة تبتدىء عام (١٩٢٦) وتمتد حتى عام (١٩٧٣) حينما بلغ المائة عام من عمره .

أما عام (١٩٣٠) فقد شهد تقدماً ملحوظاً في الاهتمام بالطاقة الشمسية ولكن حول خطوط مختلفة عن السابق . فقد كان عام (١٩٣٠) عام أزمة اقتصادية حادة شملت العالم أجمع . لذا أخذ العلماء والباحثون يفتشون عن مصادر رخيصة للطاقة . فكان هناك نشاط كبير في اليابان حيث سُجلت (٣٩) براءة اختراع لسخّانات (heaters) شمسية للماء . مع العلم أن مناخ اليابان ليس مثالياً لاستغلال الطاقة الشمسية . فان موارد الطاقة الأخرى في هذه الجزر البركانية قليلة ونادرة . والأهلون لا يتخلفون عن حمامهم الساخن في المساء . لذا كان هجوم الأهلين على شراء سخّانات الماء الشمسية التي تركب على سطح المنزل وتنتج من (١٠٠) الى (٢٠٠) لتر من الماء الساخن يومياً جاهزة لحمام المساء . وقد بلغ عدد هذه السخّانات المباعة في اليابان حتى عام (١٩٦٠) ربع مليون تقريباً بينما يقدر عددها حالياً بأكثر من مليوني وحدة .

والاتجاه الثاني الذي برز في أواسط الثلاثينات للاستفادة من الطاقة الشمسية كان لتدفئة البيوت والمساكن . واشتد الاهتمام بهذا الموضوع حتى النصف الثاني من الأربعينات . أخذ الاتجاه بعدها نحو التدفئة المركزية المعروفة والتي تقوم باستعمال الماء المسخّن بالفحم أو النِفط .

ومن التجارب الرائدة حول هذا الموضوع تلك التي تمّت في معهد التكنولوجيا في زوريخ (سويسرا) إذ قام العالم هوتنجر (Hottinger) عام (١٩٣٥) بنشر نتائج هذه التجارب . وتليها التجارب التي قام بها العالم هوتل (H. C. Hottel) وزملاؤه من معهد ماساسوشتس للتكنولوجيا

(MIT) في مدينة بوسطن (في الولايات المتحدة الاميركية) ونشرت في العديد من المجلات الأميركية عام (١٩٣٩) . ومع هذا فالآمال المشرقة والمبشرة ببيوت مدفأة بحرارة الشمس لم تتحقق ، فقد تنبأوا عام (١٩٥٥) بأن الملايين من البيوت والمساكن سيتم تدفئتها بحرارة الشمس بحلول العام (١٩٧٠) . ولكن هذا الحلم لم يتحقق بل ان البيوت والمساكن التي تمّ فعلاً تدفئتها بحرارة الشمس عام (١٩٧٠) لم تزد عن تلك التي كانت قائمة في عام (١٩٥٥) وقد تكون الحقائق الاقتصادية هي التي هزمت احلام العلماء بمساكن مدفأة بحرارة الشمس .

أما في حقل انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية فقد قام دليكور (H. Delecourt) في مدينة دوايسكرك (d'Oisquerg) في فرنسا . بتصميم وبناء محطة شمسية عام (١٩٣٠) تعمل بواسطة كلوريد الإيثل . ولكن بسبب سلسلة من الحوادث لم تصل هذه المحطة الى درجة الإنتاج ، لذا أهمل المشروع أخيراً .

وفي عـــام (١٩٣٢) وضع بـواس دي بلاك (J. Boisse de Black) تصميمـاً لمستشفى يقـام في مـدينـة كـولـومب ــ بيشار (Colomb – Bechar) يتم تسخين الماء الذي يحتاجه بحرارة الشمس . كما ذهب في أبحاثه وأحلامه بوصف وتصميم محطة كهربائية شمسية تقام في الصحراء الكبرى . في شمال افريقيا . ووضع أيضاً تقديراً لكلفتها كما وضع تصميماً لقطارات تسير عبر الصحراء بالطاقة الشمسية ولكن لا المحطة ولا القطار تحققا . وبذا حرم العالم من منظر سياحي مثير : قطار يسير وسط الصحراء وعلى سطحه مرايا لامعة مضيئة .

ومع هذا فقد سُجلت براءات اختراع عديدة لعدد من الباحثين بين عام (١٩٣١ ، ١٩٣٩) . في حقل الخلايا الشمسية تعمل بأوكسيد النحاس وكبريتيد الكادميوم وكبريتيد الرصاص وكبريتيد التاليوم .

وبحلول عام (١٩٣٩)واندلاع الحرب العالمية الثانية توقفت بحوث الطاقة الشمسية ووضعت على الرف ، ليحل محلها بحوث «أكثر أهمية» هي بحوث الأسلحة ووسائل الحرب والدمار .

بعد الحرب العالمية الثانية :

احتلت أبحاث ودروس الطاقة الشمسية مكاناً بارزاً بعد الحرب العالمية الثانية . إذ أخذ العلماء يفتشون عن مجالات جديدة يستخدمون فيها مواهبهم وخبراتهم التي كانوا يصرفونها قبلاً على برامج التسلح والحرب . ومن أهم القضايا التي واجهت العالم عندئذ ظهور شعوب ودول حديثة ، كانت حتى ذلك التاريخ رازحة تحت نير الاستعمار ، وكان معظم هذه الدول فقيرة وبحاجة كبرى الى موارد الطاقة الرخيصة لبناء اقتصادها وتعمير بلادها . فاتجهت الأنظار الى الطاقة الشمسية ، لتستفيد منها هذه الدول الفقيرة الحديثة . لكن الاهتمام سرعان ما امتد الى الدول المتقدمة أيضاً .

وقد أثبت مسحٌ قامت به حكومة الولايات المتحدة الاميركية عام (١٩٥٢) بالاستناد الى البحوث والدراسات التي نشرت في المجلات العلمية في ذلك العهد أنه بحلول عام (١٩٧٥) سيكون في الولايات المتحدة الاميركية وحدها نحو (١٣) مليون مسكن مكيف بالطاقة الشمسية ، لكن هذه النبوءة لم تتحقق. ففي العام (١٩٥٨) لم يكن هناك غير عشرات البيوت (٢٤ بيتا فقط) مدفأة بالطاقة الشمسية ، وقد هبط هذا العدد بحلول عام (١٩٧٠) ، بينما الملايين من المساكن والأمكنة في العالم تتم تدفئتها أو تكييفها بوسائل الطاقة التقليدية المعروفة .

فلماذا اذن لم تتحقق هذه النبوءة ؟

هناك ربما جوابان : أولهما أنه لم تكن عندئذ حاجة ماسة للطاقة

الشمسية طالما موارد الطاقة الأخرى رخيصة ومتوفرة بكميات كبيرة ، وثانياً أن الطاقة الشمسية لم تكن أقل كلفة ولا منافسة تجارياً لأنواع الطاقة التقليدية من غاز طبيعي ونفط وفحم حجري .

أما في حقل تسخين الماء بالطاقة الشمسية فقد حدث تقدم أكثر إذ قدّر عدد السخّانات الشمسية المباعة وهي قيد الاستعمال في فلوريدا وكاليفورنيا عام (١٩٦٠) نحو (٢٥) ألف وحدة . كان هناك نحو (٢٥٠) ألف وحدة أخرى في اليابان . وهذه أجهزة بسيطة ورخيصة يمكن بواسطتها على الأقل توفير كميات كافية من الماء الساخن في بلاد تفتقر الى أنواع الوقود الأخرى .

ومن الأدلة الأخرى على انبعاث الأمل في استخدام الطاقة الشمسية ، تلك الاجتماعات والمؤتمرات العديدة التي عقدت في أمكنة عديدة من العالم منها :

عام (١٩٥٠) : نظم هوتل (H. C. Hottel) اجتماعات علمية حول تسخين الأمكنة الفارغة (البيوت والمساكن والمحلات الأخرى) بالطاقة الشمسية . بعثت اهتماماً كبيراً في هذا الموضوع .

عام (١٩٥١) : عقد العالم الفلكي هارلو شابلي Harlow Shapley. مؤتمراً حول موضوع الشمس في خدمة الانسان مع التأكيد على دورها في التفاعلات البيولوجية .

عام (١٩٥٢) : عُقِد مؤتمر علمي في جامعة اوهايو الرسمية حول استغلال الطاقة الشمسية .

عام (١٩٥٣) : نَظَّم فارينكتون دانيال (Farrington Daniels) اجتماعاً علمياً حول استخدام الطاقة الشمسية . قامت بتحويله المؤسسة الوطنية للعلوم NationalScienceFoundation وكان تأسيس هذه المؤسسة عاملاً مهماً وجديداً في تشجيع وتنمية العلوم عامة في الولايات المتحدة . وقد كان هذا الاجتماع شاملاً ، أريد منه تحديد وتقويم التكنولوجيا الحديثة

فيما يخص الطاقة الشمسية ومستقبلها العملي . وهو الاجتماع الأول بين العديد من الاجتماعات التي عقدت لتغطي كافة نواحي موضوع الطاقة الشمسية ، وقد أدى الى تزايد الاهتمام والنشاط في هذا الموضوع في النصف الثاني من ذلك العقد .

في عام (١٩٥٥) عقد مؤتمر علمي عالمي حول تطبيق واستخدام الطـاقـة الشمسية ، في مـدينتي تـوكسون (Tucson) وفينكس (Phoenix)من ولاية أريزونا بلغ عدد المشتركين فيه (٩٠٠) شخص يمثلون دور الصناعة والمؤسسات المالية والتربوية والحكومية بالاضافة الى العلماء والباحثين ووفود (٣٦) دولة . وقد عرض في هذا المؤتمر الدولي (٨٠) جهازاً شمسياً بين طباخات شمسية وافران شمسية وآلات بخارية شمسية ، وبعض الأجهزة الالكترونية التي تستخدم خلايا شمسية حديثة .

كما يمكن تقدير أهمية واتساع هذا المؤتمر من المواضيع التالية التي شملها البحث وهي :

التحولات البيولوجية . اللاقطات أو المجمعات المركزة ، الطباخات ، التقطير . الآلات البخارية والمضخات . المجمعات المسطحة . الأفران ، المضخات الحرارية . أنظمة تخزين الحرارة . تبريد المساكن . تسخين المساكن . الكهربائية الضوئية . انتاج الملح . مولدات البخار . سخانات الماء .

كما يمكن أيضاً تقدير أهمية هذا المؤتمر من عدد الدول المشتركة والتي قدمت بحوثاً فيه وهي :

الجزائر . الأرجنتين . اوستراليا . زائير . بلجيكا . البرازيل . كندا . كوبا . قبرص . مصر . بريطانيا . فرنسا . افريقيا الغربية الافرنسية (سابقاً) المانيا . هولندا . الهند .«اسرائيل». ايطاليا . اليابان . كينيا . لبنان . المغرب . نيوزيلندا . جنوبي افريقيا . سويسرا . الاتحاد السوفياتي . الولايات المتحدة .

ويمكن كذلك تقدير تزايد اهتمام العالم بالطاقة الشمسية من عدد المنشورات العلمية التي صدرت في كل عقد وهي التالية :

الفترة	العدد	
من ١٨٧٠ — ١٨٧٩	٦	منشورات
من ١٨٨٠ — ١٨٨٩	٢٢	منشوراً
من ١٨٩٠ — ١٨٩٩	٢٠	منشوراً
من ١٩٠٠ — ١٩٠٩	٣٣	منشوراً
من ١٩١٠ — ١٩١٩	٢٦	منشوراً
من ١٩٢٠ — ١٩٢٩	٢١	منشوراً
من ١٩٣٠ — ١٩٣٩	١٠١	منشور
من ١٩٤٠ — ١٩٤٩	١٢٦	منشوراً
من ١٩٥٠ — ١٩٥٩	٨٧٨	منشوراً
من ١٩٦٠ — ١٩٦٩	٢١٤٤	منشوراً

يتبين مما تقدم تزايد اهتمام العالم بالطاقة الشمسية خاصة بين عام (١٩٥٠) و (١٩٦٠) . وكان الأمل أن يستمر هذا الاهتمام ولكن على العكس أخذ يتناقص تدريجياً . فبحلول عام (١٩٧٠) خف كثيراً اهتمام الحكومات والمؤسسات بمنشورات الطاقة الشمسية وتوقف تمويلها . حتى ان جمعية الطاقة الشمسية الدولية في مدينة تيمب (Tempe) في اريزونا (الولايات المتحدة الاميركية) تخلت عن مكاتبها لتوقف المساعدات المالية لها . كما توقفت مجلة الطاقة الشمسية التي كانت تصدرها الجمعية ، عن الصدور . وقد نقلت الجمعية مركزها من اريزونا الى استراليا حيث بقي الاهتمام بالموضوع مستمراً واستمرت الحالة كذلك حتى «إندلاع» ازمة الطاقة عام (١٩٧٣) .

واذا عدنا الى قصتنا لتاريخ الطاقة الشمسية يتمثل أمامنا حادثان هامان في ذلك العقد من الخمسينات : اولها اعلان مختبرات شركة بيل للتلفونات

(Bell Telephone) عام (١٩٥٤) عن إنتاجها بطاريات شمسية والحادث الثاني «صدمة» القمر الاصطناعي السوفياتي الأول عام (١٩٥٨).

ولقد أثار اعلان علماء شركة بيل السادة : جابين (D. M. Chapin) وسي إس فولر (C. S. Fuller) وجي إل بيرسون G. L. Pearson) اهتماماً كبيراً ليس لأن هذا الاكتشاف كان جديداً . فقد اكتشف العالم الافرنسي بيكيرل Becquerel عام (١٨٣٩) تأثير الضوء على عنصر السيلنيوم وتوليده الطاقة الكهربائية . ولكن الإثارة التي أحدثها اكتشاف علماء بيل كانت في كفاءة بطاريات السليكون الجديدة العالية . إذ بلغت (٦٪) وقد ارتفعت بعد (١٢) شهراً من البحوث المتوالية الى (١١٪) . وقدِّر نظرياً امكان الوصول الى (٢٢٪) .

وقد ذهب بعضهم بسبب هذه النتائج المشجعة أن يتخيّلوا أن بالامكان تغطية سطوح المساكن والمنازل بمجموعة من هذه البطاريات لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة في الحاجات المنزلية . ولكن كان هناك مشاكل عديدة يجب حلها قبل تحقيق مثل هذا الحلم . فتغطية مسكن متوسط الحجم بهذه البطاريات . في ذلك الوقت . كان يكلّف ما لا يقل عن مليوني دولار . ومع ذلك فقد وجدت هذه البطاريات فوائد عملية في اكتشاف الفضاء الخارجي حيث لا تعتبر الكلفة عائقاً هاماً . وحيث لا يوجد مصدر آخر للطاقة يمكن استخدامه . فبعد ثلاث سنوات من إعلان شركة بيل . أي عام (١٩٥٧) أرسلت أولى هذه البطاريات في صواريخ عبر الفضاء لتثبت قدرتها على توليد الكهرباء اللازمة ومقاومتها لظروف الرحلة القاسية . وبعد سنتين . أي عام (١٩٥٩) أرسل القمر الاصطناعي الأول فانغارد (Vanguard) وهو يحمل (١٠٨) خلية في هذه البطاريات لتشغيل أجهزة الراديو فيه .

ويتبين لنا أدناه سرعة تزايد وانتشار واستعمال هذه البطاريات فقد بلغ عددها :

عام ١٩٥٨ ١٠٨ خلايا مجموع قوتها = ٠,٥ واط
عام ١٩٦٢ ٠٠٠ ١٥٤ خلية مجموع قوتها = ٥,٤ كيلوواط
عام ١٩٦٩ ٠٠٠ ٣٠٠٠ خلية مجموع قوتها = ١٠٥ كيلوواط

كما صاحب هذا التزايد في عددها انخفاض كبير في كلفتها ، إذ هبطت كلفة الواط الواحد من (١٠٠٠) دولار الى (١٠٠) دولار (عام ١٩٧٠) ومع ذلك فلا تزال كلفتها عالية جداً اذا ما قورنت بالكهرباء العادية . فان كلفة الكيلوواط من الكهرباء التي ينتجها توربين بخاري حديث تتراوح بين (١٠٠) و(١٥٠) دولاراً أي نحو ألف مرة أقل من كلفته بواسطة البطاريات الشمسية .

وبعد بضع سنوات من اكتشاف شركة بيل ، أعلن أن الاتحاد السوفياتي قد أنتج نوعاً جديداً من البطاريات الشمسية التي لا تتلف ولا تتعطل بفعل الذرات الايونية(Ionie partieles) في الفضاء الخارجي . ومع ذلك لا تزال كلفة هذه البطاريات الباهظة تمثل تحدياً للعلماء يحاولون التغلب عليه .

لقد أدت البحوث التي أجريت عام (١٩٦٠) الى اكتشاف مواد أخرى لصنع البطاريات الشمسية مثل زرنيخ الكاليوم (gallium arsenide)الذي يعمل في درجات حرارة أعلى من تلك التي يعمل بها عنصر السليكون ، ولكنه أكثر كلفة وكذلك كبريتيد الكادميوم (Cadmium supfide) . وهذا المركب يمكن صنعه بشكل قطع كبيرة إلا أن كفاءته أقل من (٥٪) .

يستنتج من ذلك ان البطاريات الشمسية الكهربائية لا تمثل الحل الأفضل لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية للحاجات العادية .

وبفضل وكالة الفضاء الاميركية والسلاح الجوي الاميركي ، تمكن الباحثون في حقل الصناعة والمؤسسات الحكومية والجامعات ، خلال الستينات من درس موضوع إنتاج الكهرباء من جميع جوانبه اذ لم تكن الكلفة عائقاً في هذا المجال . ومن المواضيع التي تمت دراستها ، التالية :

البطاريات الكيميائية (Chemical batteries)

خلايا الوقود (Fuel Cells)

الخلايا والبطاريات الشمسية (Photovoltaic Cells,Solar Cells)

الآلات الشمسية البخارية/التوربينات (Solarengines turbines)

الخلايا النووية والحرارية الكهربائية الشمسية (Nuclear & solar Thermoelectric Cells)

المحولات المغناطيسية المائية (Magneto hydrodynamie Converteus)

المحولات الايونية الحرارية (Thermoimie Converters)

المحولات الضوئية الكهربائية المشعة (Photo electric & missive Converters)

وقد حازت خلايا الوقود دعاية وشهرة كبيرتين بسبب استخدامها في تسيير رحلة المركبة الفضائية أبولو الى القمر . وهي أكثر كفاءة في استعمال الوقود فيها (غاز الهيدروجين والأوكسيجين) مما لو استخدم هذان الغازان كوقود عادي لتسيير آلة أو توربين بخاري لتوليد الكهرباء . وهذه الخلايا أقرب الى البطاريات الكهربائية ولكنها تستعمل مواد متفاعلة ذات طاقة عالية بدل الأيونات كما في البطاريات الكيميائية .

وتبلغ سعة البطارية الخازنة العادية نحو (٢٢ — ٤٤) واط ساعة للكيلو الواحد من وزن البطارية . بينما تبلغ سعة خلية الوقود نحو (٥٥٠) واط ساعة للكيلو الواحد من وزن البطارية . فالبطارية الخازنة . وهي ذات أهمية في استخدام الطاقة الشمسية غير المتواصلة . والتي تحتوي على هيدريد الليثيوم

(Lithium hydride Li H) تبلغ سعتها نحو (٥٠٠٠) واط ساعة للكيلو الواحد . وقد يبدو هذا عظيماً ولكنها في الحقيقة طاقة حرارية وليست كهربائية ، لذا لحساب الطاقة الكهربائية الناتجة وجب ضرب (٢٣٠٠) واط ساعة بكفاءة الآلة . فاذا بلغت كفاءة التحويل (١٠٪) تصبح بطارية الليثيوم قريبة من خلية الوقود ولكن بسبب كفاءتها التي تتراوح بين (١ و ٢٪) تصبح أقرب الى البطارية الكيميائية العادية .

وقد تمّ استخدام المولدات النووية المسماة سَنَاب(SNAP)للرحلات. الفضائية الطويلة الأمد وهي رغم تسميتها نووية فهي في الحقيقة مولّدات تحول الحرارة الناتجة عن تجزؤ بعض النظائر المشعة لأشعة بيتا (β) مثل بولونيوم (٢١٠) الى كهرباء .

ويعود اكتشاف الطاقة الحرارية الكهربائية الى العالم الفزيائي سيبيك (Seebeck) عام (١٨٢٢) مع أنه لم يتفهم تماماً ما حَدث أمامه . وقد سُمّيت هذه الظاهرة بظاهرة سيبيك (Seebeck effect) . وتقوم هذه الظاهرة على المزدوج الحراري (thermocouple) وهوكما جاء سابقاً عبارة عن سلكين من فلزين مختلفين مبرمين معاً . فاذا وضع الطرف الواحد في محيط ساخن والطرف الآخر في محيط بارد . تولّد تيار كهربائي في السلكين. وتختلف الفلزات المختلفة بالنسبة الى كمية الطاقة الحرارية الكهربائية التي تولدها . لذا اتجهت الابحاث الى ايجاد أفضل تركيب يعطي أفضل نتيجة . وكانت أعلى نسبة ما أعلنه ابرام ايوفي (Abram Ioffe) في الاتحاد السوفياتي عام (١٩٥٦) . إذ بلغت نسبة الكفاءة الصافية لمولداته (٤٪) بينما لم تتجاوز أحدث مولدات «سناب» (٥.٥) .

وقد تم حديثاً استخدام مواد غريبة لصنع هذه المزدوجات الحرارية . فعوضاً عن المواد التقليدية . مثل الحديد — كونستانتين (Constantin) أو البلاتين . أو البلاتين — إيريديوم (Ixidium) فقد تم استخدام

مركبات ثنائية مثل تيلوريد الرصاص (Lead telluride) وانتيمونيد الخارصين (Zinc antimonide) بلغت كفاءتها النظرية (١٠٪) وكذلك كبريتيد الساماريوم Samarium sulfide) الذي يعمل حتى في درجة حرارة (١١٠٠°)م . وهناك مزدوجات تتألف من مركبات ثلاثية مثل الفضة والانتموان والتيلريوم (tellurium) كما هناك مركبات أخرى رباعية مثل البسموت والتيلريوم والسيلنيوم والانتموان .

ويتوقف إنتاج هذه المزدوجات الحرارية على الفرق بين درجة الحرارة في الطرفين البارد والساخن . للحصول على كفاءة عالية ، وجب استعمال هذه المواد في درجة حرارة قريبة من درجة حرارة انصهارها . وفي سبيل ذلك وجب استعمال مكثّفات لرفع درجة حرارة الشمس الساقطة عليها .

وقد قامت ماريا تيلكس (Maria Telkes) عام (١٩٥٤) ببناء مولّدات حرارية كهربائية مستخدمة انواعاً عديدة من المركبات الفلزية للوصلات الحساسة . واعلنت أن أكثر الوصلات الحساسة هي التي تتألف من قطب من انتيمونيد الخارصين المغطّى بمادة اضافية وآخر من انتيمونيد البسموت بنسبة (٩.٩١) . وباستعمالها «صندوق ساخن» لجمع الطاقة الشمسية . حصلت على كفاءة بنسبة (٠.٠٦٪) فقط بينما باستعمالها مجمعاً مكثفاً بلغت نسبة الكفاءة (٣.٤٪) والطاقة الناتجة (٠,١٥) واط .

وقد أعلن بُوم (V. A. Baum) عن تجارب اجريت في الاتحاد السوفياتي لبناء مولد حراري كهربائي شمسي يتألف من (٨٤٠) وصلة ثنائية . تتألف من الخارصين — الانتموان . والكونستانتين جرى تسخينها بمرآة مخروطية قطرها (٢)م . وقد أعطى هذا المولّد (١٨,٩) واط من الكهرباء بجهدٍ يساوي (٢١) فولتاً وكفاءة تساوي (٣,٤٪) ولكن عندما ارتفعت القوة الكهربائية الى (٤٠) واط . احترقت الوصلات وتلفت .

وقـد قـام البـاحثون عـام (١٩٦٠) في معهـد كيرهيزهـانوفسكـي (Krzhighanorvski) لتوليد الكهرباء في موسكو، بصنع مرآة مخروطية مساحتها (١.٢) م٢، واستعملوا عدداً من المزدوجات الحرارية المؤلفة من سبائك التيلريوم بلغت كفاءتها (١.٥٪).

ان أهم مشاكل المولدات الحرارية الكهربائية هي ايجاد مواد تجمع بين الخواص الحرارية الكهربائية والمتانة، وتعمّر مدة طويلة. فتلك التي تعمّر لسنة فقط قد تكون مقبولة للأغراض الفضائية، أما للحاجيات الأرضية من الطاقة الكهربائية فيجب أن تعمّر بين (٢٠ و ٤٠) عاماً على الأقل لتكون صالحة اقتصادياً.

وقد جرى أيضاً استخدام الظاهرة الحرارية الايونية (Thermionic effect) لتحويل حرارة الشمس أو غيرها من مصادر الحرارة الى طاقة كهربائية. فاذا ما سُخّن فلزّ أو عنصر مناسب أو مركب الى درجة التوهج (incandeseenec) في فراغ يأخذ ببعث الكترونات فجائياً. ويمكن باستعمال جهاز «تريود» (triode) (ذات أقطاب ثلاثة) مصمّماً بطريقة ماهرة من فصل هذه الالكترونات وتوليد تيار كهربائي بين المهبط (cathode) الساخن والمصعد (anode) البارد وباضافة بخار مثل بخار السيزيوم (Cesium) الى الأنبوب المُفرّغ من الهواء يمكن زيادة الكفاءة العملية. انما المشكلة الرئيسية هي أننا بحاجة الى درجة حرارة عالية جداً تتراوح بين (١١٠٠ و ٢٦٠٠)°م. وبما أن المِصعد يجب أن يكون قريباً من المهبط (أي بنحو جزء من الألف من الإنش) يصعب الحصول على تفاوت في درجة حرارة القطبين. وحيث تنطبق هنا كفاءة كارنو (Carnot efficiency) كما تنطبق على جميع نُظم المحولات الحرارية الأخرى. لذا تتوقف كفاءة هذا الجهاز على امكانية تصميمه بشكل يمنع حرارة المهبط عن المصعد.

وقد انتجت شركة جنرال الكتريك عام (١٩٥٧) محوّلاً حرارياً ايونياً بقوة واط واحد . كما قامت عام (١٩٦٠) شركة تي . أر. دبليو (TRW) ببناء نظام بقوة (٢.٥) واط و (٢٨) فولتاً وبكفاءة قصوى بلغت (١٥٪) وبنت في العام نفسه شركة جنرال إلكتريك مُولداً حرارياً شمسياً بقوة (٥٠٠) واط للسلاح الجوي الاميركي . وكان لدى الاميركيين عام (١٩٦٢) بحيّز العمل وحدة تتألف من (١٠٥) «ديود» (diode) (ذات قطبين) جرى تسخينها بمرآة قطرها (٤.٩)م في محطتهم للابحاث في مدينة فونيكس — اريزونا .

وفي عام (١٩٦٣) قامت شركة ولثام ماساشوستس (Waltham Massachusettes) ببناء وحدة شمسية لوكالة الفضاء الأميركية تتألف من خمسة «ديودات» (5-diode) كان يؤمل أن تعمل لمدة سنة . علماً أن عمر المحولات الحرارية الأيونية محدود إذ يجب أن تكون درجة حرارة المهبط عالية جداً مما يجعل حتى الفلزات (التي تنصهر في درجة حرارة عالية) تتبخّر تدريجياً وتترسّب على شباك الأنبوب المُفرَّغ . وقد تبين أن بامكان معظم المحوّلات الحرارية الأيونية الحاوية على بخار السيسيوم والمصنوعة من المولبيدنوم (Molybdenum) أو النحاس أو التانتاليوم (tantalium) عند تشغيلها في درجة تساوي (٢٢٠٠°)م أن تولّد (٢٠) واطاً/سم^2 بكفاءة = ١٥٪) وقد يصل عمر هذه الأجهزة من سنتين الى ثلاث .

لقد تكلمنا حتى الآن عن العناصر والمركبات غير العضوية الحساسة ضوئياً وحرارياً . ماذا عن المركبات العضوية ؟ ان العديد من المركبات العضوية حساسة ضوئياً . وقد جرى تجربة بعضها في تحويل الطاقة الشمسية وكلنا نعرف أحدها وهو كلوروفيل النبات ولكن النظام البيولوجي الذي يستعمل الكلوروفيل والمعروف بالتمثيل الكلوروفيلي أو التمثيل الضوئي ليس

نظاماً كفوءاً بدرجة كافية . ولو أنه ادّى على مدى الأجيال الى الترسبات الفحمية وغيرها التي في باطن الأرض . في نبات الذرة لا تزيد كفاءة هذا التفاعل عن (٠,٣٪) فقط وفي نبات القمح (٠,١٪) ، وتنتج النباتات السليولوزية الخشبية نحو (١٠٩٠) كيلو من الوقود الجاف للهكتار الواحد سنوياً وكان الأمل من التجارب التي قامت بها شركة إي دي ليتل (A. D. Little) على نباتات الطحلب (algae) الحصول على (٧٠٠٠) كيلو من الوقود الجاف للهكتار الواحد سنوياً ، بكلفة (٠,٥٥) من الدولار للكيلو الواحد . ومع هذا يعتبر ذلك سعراً عالياً (في عام ١٩٧٠) .

وهناك طرق أخرى لاستغلال المركبات الحساسة ضوئياً ، فما عدا الأنظمة البيولوجية في عالم النبات فبالإمكان بناء ما يشابه خلايا السليكون ولكن بكلفة أقل للقدم المربع . ولكن التقدم في هذا المضمار كان محدوداً . إذ ان كفاءة هذه العمليات قليلة والمركبات العضوية المستعملة تتجزأ عند تعرّضها لنور الشمس بينما عليها أن تعمل في نور الشمس ولمدة طويلة كي تكون مقبولة اقتصادياً .

ولا تزال الآلة البخارية الدائرية (Cyclic) التي اخترعها القس روبرت سترلنغ (Robert Sterling) عام (١٨١٦) تلعب دوراً هاماً بين أجهزة الطاقة الشمسية حتى في مجال الفضاء ، وهي عبارة عن آلة احتراق خارجي بالهواء الساخن ، أو آلة حرارية ذات مولّد يمنع ضياع الحرارة خلال دورات (Cycles) الآلة .

وقد قامت مختبرات شركة إن . في . فيلبس (N. V. Philips) في هولندا بصنع بعض الآلات الحرارية الشمسية الاختبارية بلغت كفاءتها نحو (٤٠٪) ، ولكن رغم تحقيق هذه الكفاءة العالية فان انتقال الحرارة

البطيء . من غرفة الغاز الى الغاز نفسه ، يَحُدُّ من عمل الآلة الديناميكي .

وفي عام (١٩٦٠) قام فارنكتون دانيال (Farrington Daniels) من معهد باتيل التذكاري (Battelle Memorial Institute) بادخال تحسين على آلة سترلينغ الشمسية وذلك بابدال الرأس المُوصل للحرارة من الاسطوانة بشباك من الكوارتس (Quartz) المسهل لمرور نور الشمس . وبذا تنتقل الحرارة مباشرة الى رأس المكبس . ولكن بما أن الحرارة يجب أن تصل الفاعل نفسه في الآلة البخارية ، لذا كان هذا التغيير أقل فعالية مما تبين للوهلة الأولى . فالمطلوب هو غاز عامل مُعْتِم اللون بالاضافة الى رأس الكوارتس لتحسين دورة سترلينغ من الوجهة التطبيقية .

وقامت بعدئذ شركة الحرارة الالكترونية (Thermo-Electron Corp.) بتجارب على آلات سترلينغ ذات الدورة المغلقة . مستخدمة في ذلك لا الطاقة الشمسية بل الحرارة الناتجة من انواع الوقود العادية . واستعمال الثيوفين (thiophene) كبخار فاعل ، ولكن تبين أن هناك تعقيدات عديدة يجب التغلّب عليها . فالسائل المستعمل سريع التطاير وسام . وهناك العوامل الاقتصادية التي يجب التغلب عليها وهي التي تقرر فشل أو نجاح مثل هذا المشروع وتشمل الكلفة ، والحجم والوزن والطلب على الطاقة الكهربائية .

وفي عام (١٩٦٠) قام هاري تابور (Harry Taber) من المختبر الفيزيائي الوطني في فلسطين المحتلة بصنع آلة توربينية (Turbine engine) ، تعمل بالطاقة الشمسية ، وقد استخدم كغاز فعّال هيدروكربوناً ثقيلاً هو احادي كلور البنزين (Monochlorobenzene) ، ويعمل في دورة مُقفلة في درجة حرارة (١٥٠°م) (٣٠٢°ف) بسرعة (١٨٠٠٠) دورة في الدقيقة وأعطى قوة كهربائية ذات خمسين دورة في

الثانية ، بكلفة (٠.٠٣٥) من الدولار للكيلوواط ساعة . وكانت مُجمّعاته الشمسية تتألف من اسطوانات بلاستيكية منفوخة شفافة من الأعلى لتسهل نفاذ نور الشمس ومطلية من الأسفل بالالومنيوم لتوجيه نور الشمس على الأنبوب الجامع للحرارة . وقد قدّر تابور ان (٧٥٪) من كلفة الجهاز تعود الى قيمة الاسطوانات البلاستيكية مع العلم أن كلفتها أقل من كلفة المجمعات الشمسية الأخرى .

وقد استمرت التجارب على عدد من السوائل للتوصل الى سوائل تعطي نتائج عالية في المحركات البخارية الشمسية . من هذه السوائل كلوريد الإثيل (ethyl Chloride) الذي حاز اهتماماً كبيراً .

وفي عام (١٩٢٣) قام سيزار رومانيولي (Cesare Romagnoli) ببناء مضخة للري واستعمل ماءً مُسخّناً بنور الشمس الى درجة (٥٥°م) (١٣٠°ف) وهذا بدوره يقوم بتسخين كلوريد الاثيل السائل المحرّك . وتبعه اميليو (L. D. Amelio) بصنع نوع آخر معدّل عام (١٩٥٤) في ليبيا باستعماله توربيناً يشتغل بكلوريد الاثيل . كما قام إنزيو كارليفاري (Enzio Corlivari) ببناء محرك على جزيرة إسكيا (Ischia) يشتغل بكلوريد الاثيل وبقوة (٣.٤) كيلوواط .

وقام أيضاً خانا (M. L. Khana) وغاي (M.L. Ghai) في نيودلهي — في الهند . ببناء عدد من المحركات التجريبية في المختبر الفيزيائي الوطني . وكانت هذه المحركات صغيرة الحجم مفتوحة الدورة . تعمل بالهواء الساخن . ومجمعاتها الشمسية مخروطية بلغت درجة الحرارة فيها (٧٠٠°)م . لكن بعض اجزاء هذه المحركات لم تتحمل هذه الحرارة العالية لأكثر من مدة قصيرة .

وجرت محاولات أخرى عام (١٩٥٠) لاستغلال الطاقة الشمسية . قام بها موليرو (F. Molero) من المختبرات الكهربائية الشمسية لمعهد

الطاقة . لاكاديمية العلوم في الاتحاد السوفياتي . إذ قام بصنع آلة بخارية شمسية في مدينة طشقند — من جمهورية اوزبكستان — مستخدماً فيها مجمعات مخروطية . وتم استعمال هذه الآلة في ضخ الماء وتبريد وتسخين المساكن والبيوت .

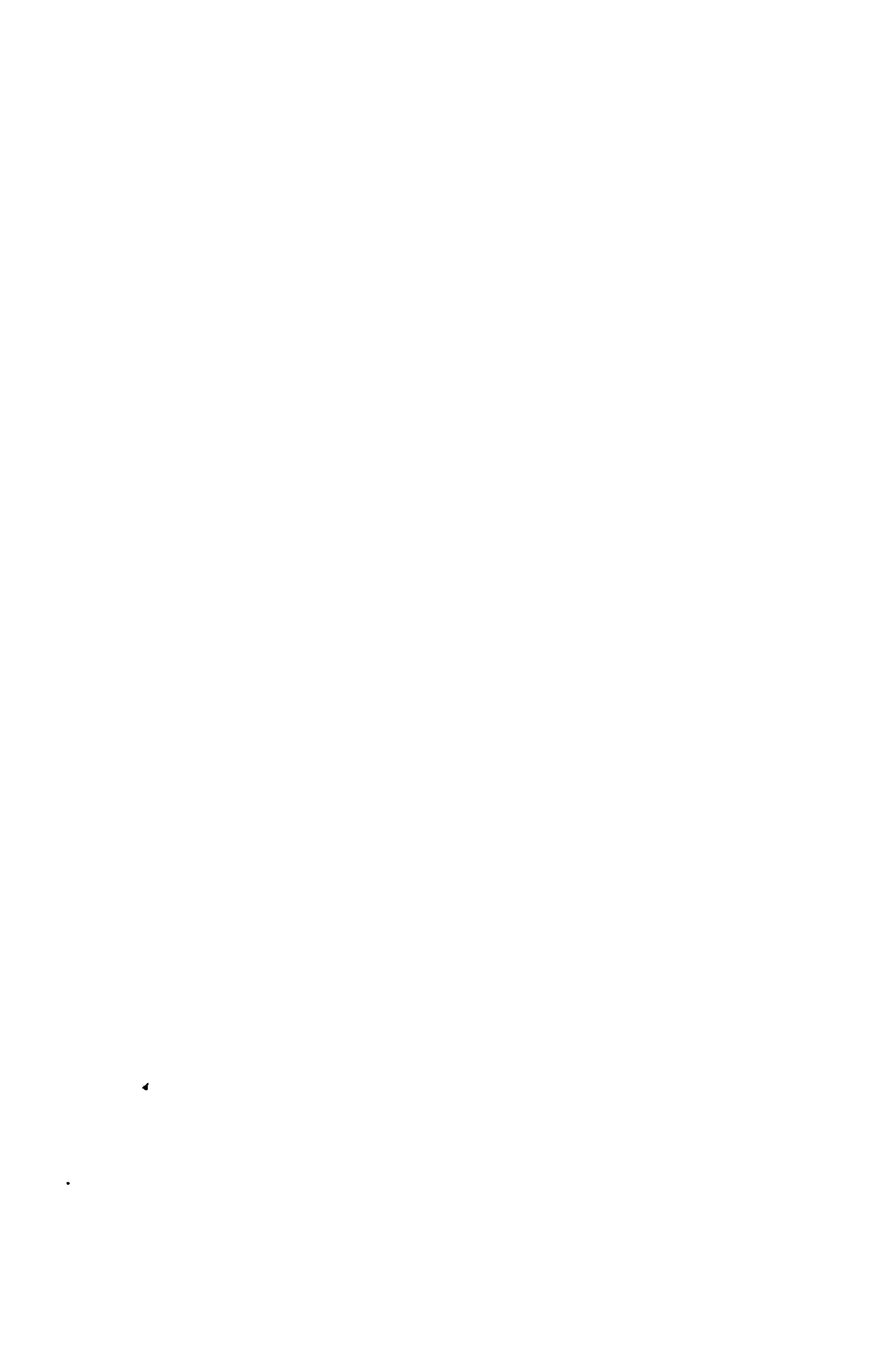
وقد وضع بوم (V. A. Baum) واباراسي (R. R. Aparasi) .وكراف (B. A. Graf) من معهد الطاقة في موسكو ايضاً . تصميماً لمشروع طموح لمحطة كبرى لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية . يذكرنا باقتراح أو مشروع مماثل للعالم بار (C. G. O. Barr) عام (١٨٩٦) . وتتألف هذه المحطة الكبرى من مِرجل كبير ثابت ومرايا متحركة مثبته فوق عربات قطار وتحمل المرجل منصة علوها (٤٢) متراً بحيث تتجمع أشعة الشمس المعكوسة من المرايا المتراكزة (Concentric) على المِرجَل . بدون ان تتداخل بعضها مع بعض . وتساوي مساحة المُجمّع الشمسي (١٩٠٠٠) م٢ . وتحمل المرايا (١٢٩٣) عربة قطار مسطحة . مجمّعة في (٢٣) قطاراً فوق (٢٣) سكة مستقلة متراكزة. وتساوي مساحة كل مرآة (٣×٥) امتار تتألف من (٢٨) مرآة صغيرة . فعندما تدور الشمس اثناء النهار تبدل القطارات ومواقعها وبذا تتغير تباعاً زوايا انعكاس المرايا بحيث تسقط الصور الشمسية دائماً على المرجل .

وقد تمَّ صنع نموذج لهذه المحطة الضخمة بقياس ($\frac{١}{٥٠}$) من النموذج الأصلي . وجرت دراسات كاملة حول توزيع الطاقة الشمسية في بؤرة المرايا وأخذ في الاعتبار التغيرات في درجة الحرارة في المنطقة المجاورة للبؤرة عند تصميم المجمعات الشمسية والوظائف الأخرى الخاصة بهذه المحطة. ولم يتم بناء هذا النظام الضخم بحجمه الكامل . لعدم امكانه منافسة انواع الوقود الأخرى . التي أخذت تتوفر بسرعة في سيبريا حيث كانت ستقام هذه المحطة الضخمة .

وقد حاول أحد الاقتراحات الحديثة لتوليد الطاقة الكهربائية من الشمس معالجة القضية من زاوية جديدة . فاذا صَعُب بناء مُجمَّع كبير لامتصاص حرارة الشمس فماذا عن استعمال المجمعَات الطبيعية مثل البرك المالحة في العالم ؟

وفي عام (١٩٦٣) قام تابور بدروس حول هذا الموضوع . أي إنتاج الكهرباء بمقياس كبير وبطريقة حديثة نوعاً وذلك باستغلال الحرارة المتجمّعة في البرك المالحة الكبيرة .. ويتألف نموذجه من بركة عمقها متر أو متران . يغطّى قعرها بمادة سوداء وتحتوي ماء مالحاً مذابة فيه أملاح ذات كثافة عالية مثل كلوريد المغنسيوم . فتتجمع الحرارة عند قعر البركة ومنها تنتقل الى السائل المتحرك في مواسير تمتد في قعر البِركة . وبسبب الارتفاع القليل في درجة حرارة السائل ، أي من (٣٠) الى (٤٠ْ)م ، تكون كفاءة «كارنو» متدنية أي نحو (١٠٪) . ومع هذا فبعد حسم جميع أنواع الخسارة في الطاقة فقد قدّر تابور الكفاءة الصافية لنظامه هذا بين (١.٣) و (١.٧٪) .

ويشير تابور في دراسته الى حالة حيث تبلغ مساحة البركة الشمسية كيلومراً مربعاً وتولّد (٣٤٠٠) كيلوواط أي ما يساوي (٣٠) مليون كيلوواط ساعة من الطاقة الكهربائية في السنة . ومع أن هناك بعض المشكلات التطبيقية مثل تأثير الرياح على كثافة الماء المالح ، والتبخّر وحفظ البركة نظيفه . يعتبر تابور أنها تمثل أفضل أملٍ لأرخص الطرق لاستغلال الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء .



حسن أبو يوسف اللويشي

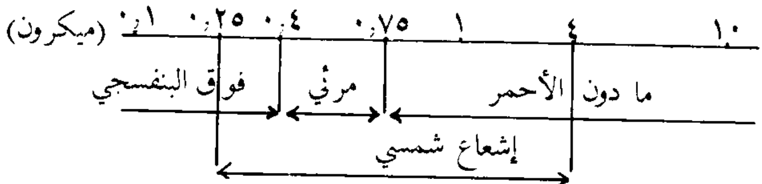
اللاقط الشمسيّ

تعميات عن الاشعاع الشمسي

الشمس كرة ذات قطر يساوي (١ ٤٠٠ ٠٠٠)كم تشع حولها طاقة غير عادية نتيجة تفاعلات نووية متسلسلة (Chain reactions) .

جزء من الطاقة التي تنتجها الشمس يستخدم لحفظ درجة حرارتها في حين يُرسل الباقي الى الفضاء . ودرجة الحرارة الظاهرية للشمس هي تقريباً (٦٠٠٠) مئوية .

بيد أن قسماً ضئيلاً جداً من الطاقة المرسلة يصل الى سطح الأرض بشكل أمواج كهرمغنطيسية (radio transmission)كتلك التي تستعمل في الارسال اللاسلكي(electromagnetic waves). ولكن بأطوال موجية أقصر . فالاشعاع الشمسي مجموعة موجات اطوالها تذهب من (٠.٢٥) الى (٤) ميكرونات في حين أن التي تستعمل في الارسال اللاسلكي تذهب من متر الى عدة كيلومترات . ولنشر الى أن طاقة الموجة تزداد كلما قلّ طولها الموجي . وفيما يلي نعطي الأسماء المستعملة لمختلف مجالات الأطوال الموجية :



كثافة الإشعاع الشمسي . قبل دخول الجو . تساوي (١.٠٤) كيلوواط/م٢ . هذه القيمة تُدعى «الثابت الشمسي» . في الواقع هذه القيمة تتغير حسب الفصول من (١٣٥٠) الى (١٤٥٠) واط/م٢ .

يبدّد الجو قسماً من الطاقة التي تأتينا من الشمس :

— بالانتشار الجُزيئي (molecular diffusion) وخاصة بالأشعة فوق البنفسجية .

— بالانعكاس الانتشاري (diffuse reflexion) على الأيروسول (aerosol) أي على ذريرات صلبة أو سائلة يحملها الهواء (غبار . قطرات . ...) .

— بالامتصاص الغازي .

وكلما تكون الشمس منخفضة بالنسبة للأفق . تكون طبقة الهواء التي تخترقها الأشعة مهمة وبالتالي تكون الطاقة التي تصل الى الأرض قليلة .

عندما تكون زاوية المستوى الأفقي لمكان ما مع أشعة الشمس أقل من (١٥) درجة . فإنه من غير الممكن التقاط هذه الأشعة لأن طبقة الهواء تكون قد امتصت كل طاقتها .

هذه الملاحظة ذات أهمية لأننا بواسطتها نستطيع أن نحكم اذا كان حاجزُ أشعة يؤلف «قناعا» للاقط. تحديد هذه الأقنعة يعتمد على عدة عوامل منها الفصل . الوقت . ...

وعلى سبيل المثال نقول اذا كانت الزاوية بين الخط الأفقي لمكان ما والخط الذي يصل اللاقط الى قمة الحاجز أكبر من (١٥) درجة ، عندئذ يكون الحاجز قناعاً بالنسبة للاقط .

الشمس تكون مغطاة خاصة في الشتاء . أما في الصيف فالشمس تكون عالية في السماء وبالتالي تُحل المشكلة من تلقاء نفسها .

ان مختلف تأثيرات الجو تحد كثيراً من الطاقة الشمسية وخاصة فيما فوق البنفسجي وما دون الأحمر .

على سطح الأرض ، يكون تركيب الإشعاع الشمسي كما يلي :

الطول الموجي (ميكرون)	٪ للطاقة الكلية	طبيعة الاشعاع
٠.٢٥ — ٠،٤	١ — ٣ ٪	فوق البنفسجي
٠،٤ — ٠.٧٥	٤٠ — ٤٢٪	مرئي
٠.٧٥ — ٢.٥	٥٥ — ٥٩٪	دون الأحمر

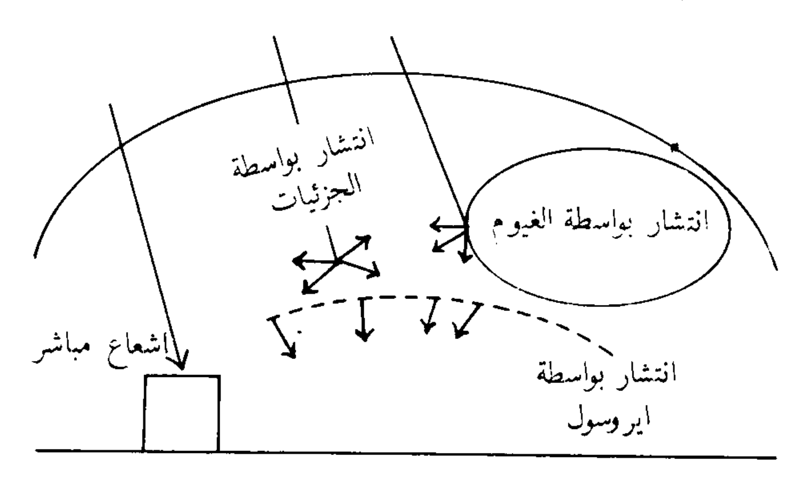
أنواع الاشعاع الشمسي :

الاشعاع الشمسي على ثلاثة أنواع : اشعاع مباشر ، اشعاع انتشاري ، اشعاع كلي .

بما أن تأثير الجو يحدث في كل الاتجاهات ، فقسم من الاشعاع يعود الى الأرض من مجمل القبة السماوية . فهذا الاشعاع الانتشاري يُضاف الى إشعاع الشمس المباشر لاعطاء الاشعاع الكلي ، إن السماء المغطاة كلياً تُطفىء الاشعاع المباشر ولا يبقى سوى الاشعاع الانتشاري .

وهناك ظواهر أخرى تساهم أيضاً في تحديد مجموع الاشعاعات على سطح الأرض لأن هذا الأخير يعكس قسماً من الاشعاع باتجاه الجو الذي يساعد في انتشاره ثانية . وبالأضافة فإن سطح الأرض والجو المسخنين يبعثان اشعاعهما الخاص .

الرسم التالي يبين مختلف الاشعاعات التي تصل الى الأرض .



إن تغيُّرات الاشعاع الملتقط تتوقف على :

- مدة التعرض للشمس .
- كتلة الجو المخترقة .
- ميلان (inclination)الأشعة .
- وجود الغيوم . الضباب ...

هـذه العوامـل تُمـدَّد بـالفصل . الساعـة . خط العرض (latitude) . الارتفاع (altitude) . حالة السماء . بيد أننا لا نستطيع التنبوء بدقة . بالطاقة التي ستأتي على مساحة معينة خلال فترة زمنية معينة .

أما الطاقة الملتقطة فعلاً فإنها تتوقف على طريقة تعريض اللاقط وعلى ما يحيط به . فالتعرض للشمس يكون ضعيفاً على سطح يقع على منحدر شمالي أو وراء ستار من الأشجار .

أما إذا وضعنا هذا السطح عمودياً بالنسبة لأشعة الشمس ، فإن التعرض يصبح أقصى .

بما أن الأجهزة البسيطة لا تسمح بتتبع مسار الشمس ، فعلينا اختيار الوضع الثابت الذي يسمح للاقط بالتقاط أكثر ما يمكن من الطاقة للاستعمال الذي ثُبِّتَ فيه .

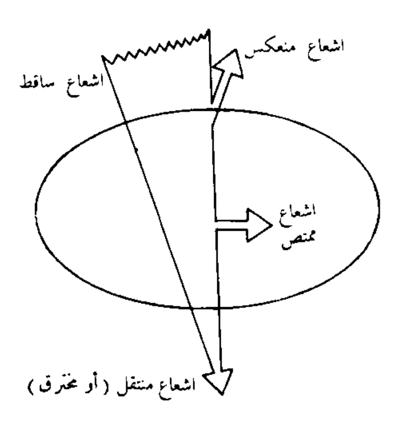
وبما أننا نرغب مثلاً في الحصول على الماء الساخن على مدار السنة ، علينا وضع اللاقط كما يلي :

— أن يُوجَّه نحو الشمال .

— أن يكون عمودياً بالنسبة للأشعة الشمسية في أغلب أيام السنة ، أي أن يكون مائلاً بالنسبة للخط الأفقي بزاوية تساوي خط العرض مضافاً اليها (١٠) درجات تقريباً .

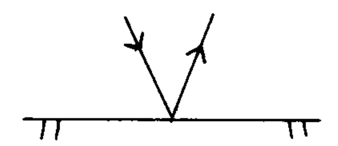
سلوك الأجسام بالنسبة للاشعاع :

حينما يقع اشعاع على جسم ما ، فن الممكن أن يُمتص ، ان ينعكس أو أن يخترق الجسم . وبالتالي فإننا نستطيع أن نميز سلوك كل جسم بالنسبة للاشعاع بثلاث معاملات (coefficients) :

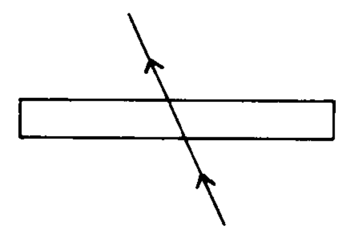


ـــ مُعَامِل الانعكاس (R). مساوٍ لكمية الطاقة المنعكسة مقسومة بكمية الطاقة الساقطة أو الواردة (incident) .
ـــ معامل الامتصاص A· ، مساوٍ لكمية الطاقة الممتصة مقسومة بكمية الطاقة الساقطة .
ـــ معامل الانتقال أو الاختراق T ، مساوٍ للطاقة المنتقلة مقسومة بالطاقة الساقطة .

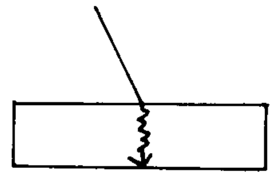
بالطبع معنا : 1 — T — A — R
ـــ اذا R = (١) ، فالانعكاس تام والجسم يُدعى مرآة مثالية .



ـــ اذا T = (١) ، فالانتقال تام والجسم يكون شفافاً مثالياً .



ـــ اذا A = (١) ، فالامتصاص تام والجسم يُدعى « جسماً اسود » .



أي جسم من تلك الأجسام المثالية لا يوجد في الواقع . فجميع الأجسام هي نوعاً ما ماصة . عاكسة . شفافة .

ومما يعقد الأمور أيضاً كون المعاملات تتغير مع الطول الموجي . أي أن جسماً ممكن أن يمتص بعض الاشعاعات وأن يعكس البعض الآخر .

ولأسباب عملية ولجسم معين . نعتبر هذه المعاملات ثابتة لكل الأطوال الموجية المحصورة في مجالات التطبيقات العملية .

بيد أن هناك استثناءً لهذه الفرضية وهو الزجاج حيث نرى مشكلته عند دراسة ما يسمّى مفعول البيوت الزجاجية .

المعاملات (R)،(A)و(T)تعتمد على طبيعة المادة . لونها وحالة سطحها . فجسم ذو سطح مصقول يعكس أكثر من نفس الجسم ذي سطح معتم أو خشن . والأجسام القاتمة تمتص الاشعاع الشمسي أكثر من الأجسام النيّرة .

ترسل جميع الأجسام اشعاعات في مختلف الاتجاهات . ونميز سهولة جسم لأرسال اشعاع بعامل ارسال(eprilom)، نحدده بمقارنة الجسم «للجسم الأسود» . فهذا الأخير يرسل الاشعاعات بأكبر سهولة وعامله يساوي الوحدة (٤ = ١) .

فالعامل (٤) لجسم ما يساوي كمية الطاقة التي يرسلها الجسم مقسومة بكمية الطاقة التي يرسلها جسم أسود له نفس الشكل ونفس درجة الحرارة .

فكمية الطاقة المرسلة بسطح ما تعتمد على درجة حرارته وعلى عامله (٤) .

— جسم أسود على درجة حرارة (٥٠) مئوية
يرسل (٦٢٠) واط/م^{٢} .

— جسم أسود على درجة حرارة (١٠٠) مئوية
يرسل (١١٠٠) واط/م^{٢} .

— جسم أسود على درجة حرارة (١٥٠) مئوية
يرسل (١٨٠٠) واط/م^{٢}.
— سطح عامله (٤) = (٠,٦) على درجة حرارة (١٠٠) مئوية
يرسل (١١٠٠ × ٠,٦ = ٦٦٠) واط/م^{٢}.

ودرجة حرارة الجسم تحدد أيضاً مجال الأطوال الموجية ، الذي من الممكن أن يرسل الجسم فيه اشعاعات . واذا كانت درجة الحرارة أشد ارتفاعاً ، فإن الأطوال الموجية للاشعاعات المرسلة تكون أشد قصراً .

فالشمس مثلاً ، على درجة حرارة (٦٠٠٠) مئوية ترسل بين (٠,٢٥) و (٤) ميكرونات . والأجسام ذات درجة حرارة قريبة من (٦٠) مئوية ترسل بين (٤) و (٧٠) ميكروناً أي ترسل فقط فيما دون الأحمر . وبالضبط هذا الفرق بين الأطوال الموجية للاشعاع الشمسي واشعاع الأجسام ذات درجة حرارة قريبة من (١٠٠) مئوية ، هذا الفرق هو المستثمر في اللاقط للحصول على مفعول البيت الزجاجي .

اللاقط المنبسط ذ و م ب ز (مفعول بيت الزجاج) :

انه جهاز بسيط يلتقط ، بواسطة سطح منبسط غالباً ، ويثبت الاشعاع (المباشر والمنتشر) الذي يُمتص ويتحول في الحال الى حرارة . درجات الحرارة الناتجة تتجاوز درجة الحرارة المحيطة بعدة درجات (degrees) — تعرض سطح ماص للشمس — وبعدة عشرات من الدرجات .

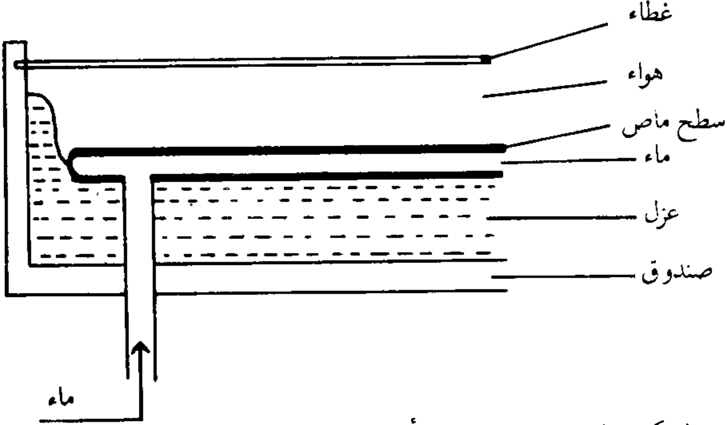
فلو عرّضنا كمية من الماء للشمس . فإننا نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة عدة درجات ثم استقرارها . في هذا الوضع من التوازن الحراري ، يخسر الماء من الطاقة كل ما يتلقاه ، وذلك بعدة أشكال :

— التبخر .

— الارسال نحو الفضاء لاشعاعات دون الحمراء .
— الحَمْل (Convection) للهواء المحيط (تيارات الهواء الموجودة فوق سطح الماء تبرد الماء) .
— التوصيل (Conduction) في المواد التي تؤلف الاناء الحاوي للماء .

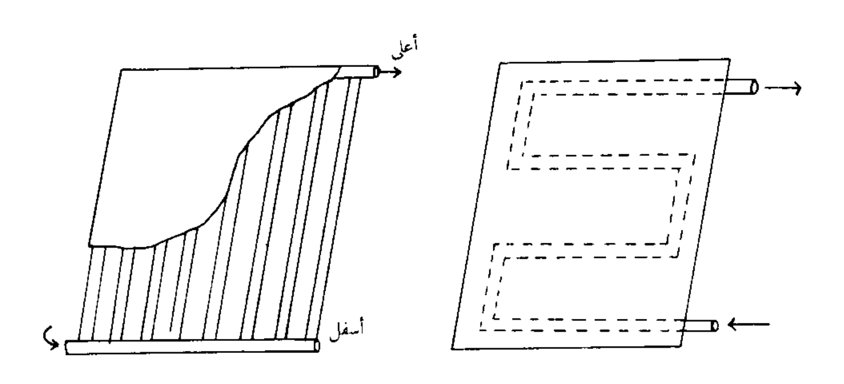
لكي نزيد درجة حرارة التوازن التي يصل اليها الماء ، يجب أن نقلّل من الخسائر ، ونصل الى هذا بوضع لوح من الزجاج فوق الماء وبعزل الاناء ما أمكن .

وهكذا يتألف اللاقط ، في الغالب ، مما يلي :
— سطح ماصّ (أو ماص) .
— تعرض شمسي حراري جانبي وخلفي .
— غطاء شفاف يُوضع أمام الماصّ .
— دورة مائع (Circuit of fluid) موضوعة تحت الماصّ ومخصصة لنقل السعريات (الكالوريات) المولَّدة الى مكان الاستعمال أو التكديس (accumulation) .



الشكل الموجود اعلاه يمثل أحد النماذج البسيطة الذي يسري فيه الماء في خزان مسطح (سماكته من ٢ الى ٤ مم) موضوع تحت السطح الماص .

ولكن هناك عدة امكانيات لتحقيق جريان المائع تحت الماص كما يدل الشكلان التاليان .



أنابيب ملحومة تحت السطح الماص
(المسافة بين الأنابيب أقل من ٥ سم)

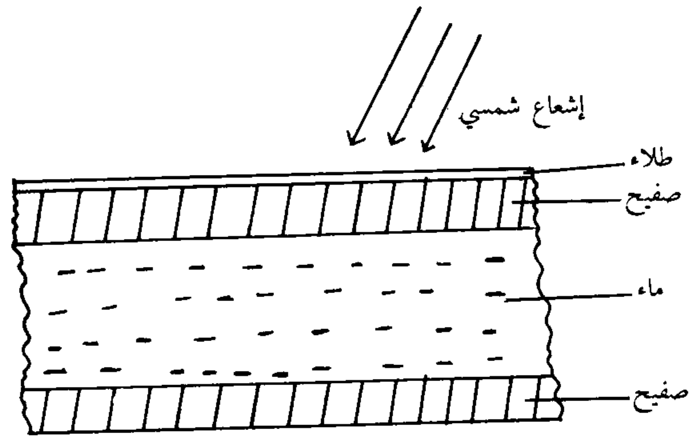
السطح الماص والمائع حامل الحرارة :

الماص ودورة المائع حامل الحرارة هما عنصران على أهمية كبرى في اللاقط . فالماصّ هو الذي يأسر الشعاع . من الممكن أن يكون من البلاستيك . النحاس (جيد ولكنه غال) ، الألمنيوم أو الفولاذ . ولكن لا ينصح باستعمال الالمنيوم لأنه يُولِّد في الدورة التامة ، اذا لم يستخدم مائع خاص . ظواهر تآكل سريعة تعطل عمل المجموعة . والفولاذ المُغَلْفِن

(galvanized) لا يُنصح أيضاً باستعماله في صنع الماص ، لأن درجة حرارته تتجاوز غالباً (٥٥) مئوية .

من جهة أخرى ، يجب أن يغطى الماص بطلاء معتم (لتجنب الانعكاسات) وقاتم (للحصول على عامل امتصاص جيد) مثل البني ، الأزرق ، الأخضر ، الأحمر ، الأسود . هذا الطلاء ممكن أن يصل الى درجات حرارة قريبة من (١٠٠) الى (١١٠) مئوية ، لذا يجب أن يكون مقاوماً .

أما طبقة الطلاء على الماص فيجب أن تكون رقيقة جداً ، لأن الطلاء يكون في أغلب الأحيان جسماً عازلاً أو في كل الحالات جسماً سيء التوصيل الحراري .



أما اذا كانت طبقة الطلاء سميكة ، فإن الحرارة تجد صعوبة في اختراقها ، كما أن الطلاء عندما يسخن يشع نحو الأمام . فلو أردنا الحصول على ماء درجة حرارته ٥٠ مئوية ، وجب أن يكون الطلاء على درجة (٥٥) مئوية ، مثلاً . فاللاقط يخسر من الطاقة على درجة حرارة أعلى من تلك التي للماء الذي يعطيه ، وهذا ما يقلل من مردوده .

عند طلاء السطح الأمامي للماص ، يجب اذن الا نعمل سوى طبقة واحدة .

فـدائرة حـامـل الحرارة يجب أن تسمح بـاستعـادة القريـات (calories) التي يحصل عليها الماص ، وهذا ما يُلزم أفضل ملامسة حرارية معه . لذا يُفضل استعمال فيلم ماء ، سماكته من (٢) الى (٤) م ، تحت السطح الماص على أنابيب مثبتة تحت هذا السطح . لأنه في حال استعمال الأنابيب ، تجد الحرارة صعوبة في الانتقال من السطح الماص الى الماء الذي يجري في الأنابيب ، تماماً كما يحدث عند استعمال طبقة طلاء سميكة .

السطح الماص ــ الماص : رغم أنه من السهل الحصول تقريباً على (٥٠٪) من الطاقة الشمسية الساقطة ، بواسطة لاقط جيد ، فإن صنع الماص يكون غالباً مصدر خيبة أمل .

فمن الحلول الممكنة :

أ ــ استعمال أنبوب متعدد الفينيل (polyvinyl) :
ذو لون قاتم وشكل حلزوني (spiral) ضيق جداً فأنبوب سقاية طوله (٥٠) متراً يعطي ، حينما يلف ، مساحة لاقطة تساوي تقريباً متراً مربعاً . ولكن لأنبوب كهذا محاذيره : فالبلاستيك يستهلك بسرعة تحت تأثير الحرارة والأشعة فوق البنفسجية وهذا ما يُلزم تغييره من وقت الى آخر .

ب ــ تحقيق ماص معدني :
بيد ان هذا الاختيار يتطلب دقة فائقة في التحقيق ومصنعاً تاماً ومكلفاً .

ج — استعمال اجهزة إحرار الأجزاء الخارجية (radiators) :

هذه الأجهزة مصمّمة بطريقة ان الماء الساخن الذي يمر فيها يخسر حرارته بأقصى سرعة في الفضاء المحيط بها . فالملامسات الحرارية بين دائرة الماء وسطح التبادل (exchange) تكون اذن معدة على أفضل وجه . فمن الممكن بالتالي استعمال «راديتور» كجهاز ماص بعد طليه بلون معتم (dull) وقاتم (dark) مما يُعطي نتائج حسنة .

العزل الحراري :

يجب أن يكون العزل جيداً حول خلية التقاط الطاقة لكي لا تهدر الكثير من الحرارة التي تُعطينا اياها الشمس . فالعزل يكون غالباً باستعمال طبقة من (٥) الى (١٠) سنتم من صوف الزجاج (glass wool) موضوعة خلف الماص وعلى الجوانب . من ميزات صوف الزجاج انه اقتصادي . عازل ممتاز ومقاوم لدرجات حرارة أكثر من (١٠٠) مئوية . ولكن لاستعماله محاذير اذ أنه يفقد صفاته العازلة حين يصبح مبللاً . ومن جهة أخرى . اذا وُضع على سطح منحنٍ ، فإننا نلاحظ بأنه يتكدس .

الغطاء الشفاف :

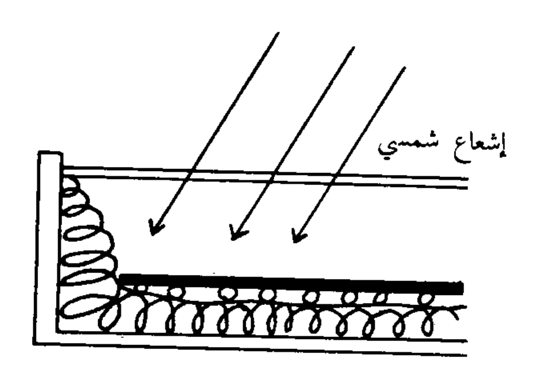
العزل : اذا لم يكن الغطاء موجوداً ، فالهواء الخارجي يؤثر مباشرة على الماص مانعاً اياه من أن يسخن أكثر . ولكن استعمال لوح زجاجي يحد من خسائر الحَمْل (Convection). والمسافة الملائمة التي يجب تركها بين الزجاج والماص هي (٢٨) مم (عملياً من ٢٥ الى ٤٠ مم) .

مفعول بيت الزجاج :

الغطاء الشفاف يجب أن يحقق مفعول بيت الزجاج (م ب ز) أي أن يدع اشعاع الشمس يخترقه وأن يستعيد أكثر ما يمكن الاشعاع المرسل بالماص .

ماذا يحدث في اللاقط ؟

يأتي الاشعاع الشمسي أمام الغطاء الشفاق . فإذا كان هذا الأخير زجاجياً ، فإن الاشعاع يخترقه بأكمله تقريباً ويصل الى الماص .



والماص قد طُلي بطريقة تُقرّبه ما أمكن من «الجسم الأسود» وهذا ما يمكّنه من امتصاص كامل الاشعاع الشمسي وبالتالي من ارتفاع درجة حرارته التي قد تتغير من (٤٠) الى (١٠٠) مئوية حسب دفق الماء . أضف الى ذلك أن الماص بدوره يبدأ بالاشعاع ولكن ليس في نفس مجال الأطوال الموجية الذي للشمس . فالشمس تشع بين (٠,٢٥) و(٢,٥)

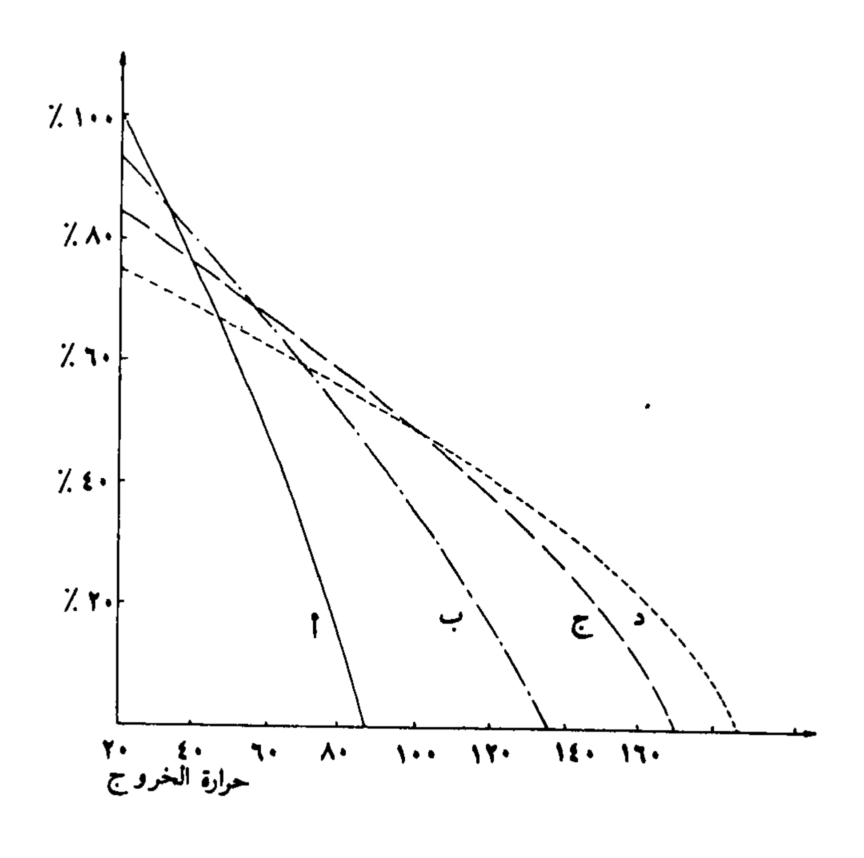
ميكرون في حين أن الماص يرسل بين (٤) و (٧٠) ميكروناً أي في مجال ما دون الأحمر.

هذا الاشعاع المرسل بالماص يحاول أن يخرج من اللاقط ولهذا يصل الى الزجاج. ولكن هذا الأخير شفاف للاشعاع الشمسي (ذي الأطوال الموجية القصيرة) وحاجب للاشعاع ما دون الأحمر. فالزجاج سيمتص اذن كامل الاشعاع المرسل بالماص وبالتالي سيسخن. درجة حرارته تكون حسب درجة حرارة الماص، بين (٣٠) و (٥٠) مئوية. وبالنسبة للاشعاعات ما دون الحمراء، فإن الزجاج سيتبع مسيرة الجسم الأسود وسيشع بواسطة سطحه الكلي، أي تقريباً نفس الكمية من كل جانب. في هذه الحال سيتلقى الماصُ الاشعاع الشمسي مضافاً اليه نصف كمية اشعاع الزجاج. هذا هو مفعول بيت الزجاج.

وقد يذهب بنا الفكر الى زيادة عدد الألواح الزجاجية أمام الماص لكي نستعيد كل مرة قسماً مما نخسره بواسطة اشعاعه. هذا صحيح ولكن بزيادة عدد الألواح فإننا نخفض الشفافية الاجمالية للغطاء الكلي. فلوح زجاجي، مثلاً، له عامل شفافية يساوي تقريباً (٠,٨٧) أي (٨٧٪) فقط من الاشعاع الشمسي يخترقه. فلو أخذنا لوحيْ زجاج، فإن عامل الشفافية الاجمالية يكون:

(٠,٧٥٧ = ٠,٨٧ × ٠,٨٧)

فالماص لا يتلقى في هذه الحال أكثر من ثلاثة أرباع الاشعاع الشمسي. ولو أضفنا لوحاً ثالثاً، فالعامل ينخفض الى (٠.٦٥٨)!



مردود لاقط ذو ماص مطلي بالأسود وتحت اشعاع ساقط مساوٍ (١٠٠٠) واط/م٢ .

درجة حرارة الخارج (٢١) مئوية .

منحن Curve أ لاقط دون لوح زجاجي ———————

منحن ب لاقط مع لوح زجاجي واحد —-—-—-

منحن ج لاقط مع لوحين زجاجيين — — — — —

منحن د لاقط مع ثلاثة الواح زجاجية - - - - - - - -

إن دراسة لمردود (efficiency) لاقط ذي ماص مطلي بالأسود ، وتحت اشعاع ساقط مساوٍ (١٠٠٠) واط/م٢ ولدرجة حرارة خارجية (٢١) مئوية . تعطينا مجموعة رسوم بيانية بالنسبة لعدد الألواح الزجاجية المستعملة .

فلو أردنا الحصول على ماء درجة حرارته بين (٢٠) و (٣٠) مئوية فليس ضرورياً وضع الزجاج .

أما اذا أردنا الحصول على ماء بين (٣٠) و (٥٥) مئوية ، فمن الأفضل استعمال لوح زجاجي . وللحصول على ماء ساخن جداً ، بين (٥٥) و (١٠٠) مئوية . يجب وضع لوحي زجاج أمام الماص .

ويمكننا أيضاً أن نلاحظ . حسب الرسوم البيانية ، ميزة عامة لكل لاقط منبسط :

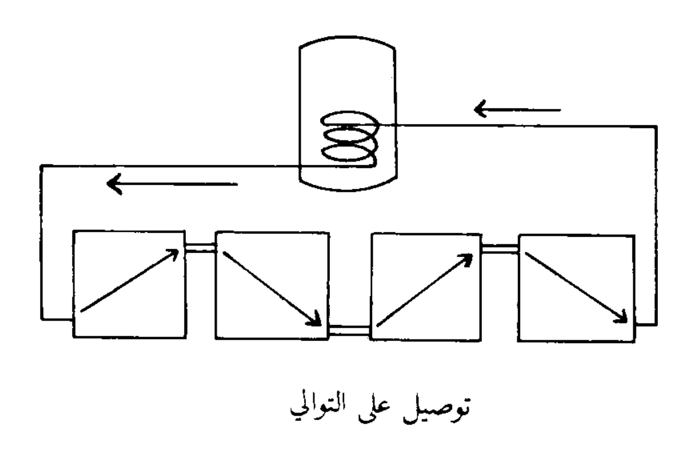
مع ارتفاع درجة الحرارة لدى تشغيل اللاقط ، فإن المردود ينخفض . وهذا يعني أننا نلتقط حرارة أكثر اذا كانت درجة الحرارة أقل .

مثلاً لو أخذنا لاقطاً يتلقى (١٠٠٠) واط/م٢ على درجة حرارة خارجية (٢١) مئوية ، فإنه يعمل مع مردود (٨٠٪) حينما يعطي ماءً درجة حرارته (٤٠) مئوية ، ولكن في نفس الشروط الخارجية فإن مردوده ينخفض الى (٦٠٪) حينما يعطي ماء على درجة (٧٥) مئوية .

عملياً ، نستطيع أن نقول ، بالاستناد الى الرسوم البيانية ، أنه من الأفضل استعمال لوح زجاجي واحد أمام الماص تقريباً في كل الحالات .

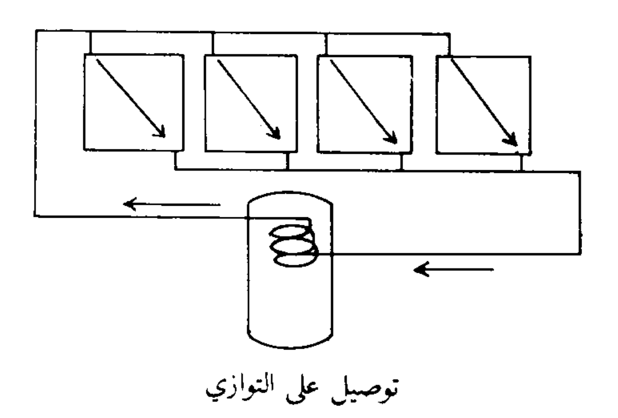
توصيل الأجهزة اللاقطة : التوالي (Series) والتوازي (parallel)

عندما تكون الأجهزة اللاقطة موصولة على التوالي . فإن نفس الماء يمر فيها الواحد تلو الآخر . وبالتالي يسخن أكثر فأكثر في كل منها .



توصيل على التوالي

أما عندما تكون هذه الأجهزة اللاقطة موصولة على التوازي . فإن كلاً منها يرفع درجة حرارة الماء مرة واحدة ولكن لقسم فقط من كمية الماء .



توصيل على التوازي

في الحالة الأولى (توصيل على التوالي) ، نلاحظ أن اللاقطة تعمل على درجات حرارة مختلفة ومتزايدة من الدخول حتى الخروج . ولكن أكثر ما تكون درجة حرارة اللاقط عند العمل ، أقل ما يكون مردوده . لهذا السبب يجب «الاعتناء» باللاقط أو اللاقطة الأخيرين بعزلها بطريقة أفضل وحتى باستعمال لوحي زجاج .

وعكس ذلك ، فعلى الماء أن يمر في اللاقطة الواحد تلو الآخر ، ومقاومة المرور تصبح ذات أهمية . هذا التوصيل لا يسمح اذن بعمل المجموعة كمِثقب حراري (التبريد المُحرِّك .thermosiphon) ويتطلب مُروِّج (Circulator) .

أما في التوصيل على التوازي ، فإن المقاومة التي على الماء قهرها تكون ، على العكس ، أقل بكثير والمثقب الحراري يكون ممكناً .

ان اللاقطة الموصولة على التوازي تعمل كلها بنفس الطريقة ، كل منها يرفع درجة حرارة الماء الذي يمر فيه بنفس المقدار ، هذا من ناحية المبدأ ، لأنه لو سُدَّ احدها بواسطة قذارة أو وسخ (dirt) ، فإنه يتوقف عن العمل ومن الصعب معرفة ذلك .

ونخلص الى القول بأنه في المنشآت الصغيرة كالمسخِّنات المائية (water heater) التي لا تتطلب سوى مساحات لقط قليلة ، فإن اللاقطة تُوصل :

— على التوازي اذا اردنا عملها كمثقب حراري .
— على التوالي أو التوازي اذا كنا نملك مروج ، مع الأفضلية للتوالي اذا لم نكن متأكدين من توصيل على التوازي صحيح .

يأسر اللاقط أقصى طاقة عندما يكون عمودياً بالنسبة لأشعة الشمس . ولكن انحناء الأشعة يتغير خلال النهار والفصول (الشمس تكون أكثر انخفاضاً في السماء خلال فصل الشتاء) . بما أن اللاقط يكون بالضرورة ثابتاً ، فعلينا توجيهه نحو الشمال ، كما ذكرنا آنفاً ، ووضعه مائلاً بالنسبة للخط الأفقي بزاوية تساوي خط العرض مضافاً اليها (١٠) درجات تفريباً .

حسن أبو يوسف اللويثي

الأفران الشمسية



مقدمة :

منذ القدم كانت هناك ، كما رأينا ، محاولات لتجميع وتركيز الطاقة الشمسية من أجل الحصول على حرارات مرتفعة ، ولكن تحقيق ذلك صناعياً وعلمياً لم يتم إلا حديثاً .

خلال قرون عديدة لم تكن هناك حاجة للحصول على حرارات أعلى من تلك التي كانت تستعمل لصهر المعادن المعروفة والمستعملة في ذلك الوقت . كما أنه لم يكن بالامكان الحصول على مساحات كبيرة من المعدات البصرية اللازمة لتجميع الطاقة الشمسية بطريقة اقتصادية وفعالة . حتى ما بعد الحرب العالمية الثانية فان محاولات الحصول على افران لتجميع الطاقة الشمسية لم تكن سوى نوع من الفضول العلمي . أما في أيامنا هذه فان هناك حاجة متزايدة من أجل الحصول على مواد نقية ومعدات لا تنصهر إلا على درجات حرارية عالية جداً . ولقد أمكن تحقيق ذلك بواسطة الافران الكهربائية التي تستطيع أن تصهر الاجسام التي تحتاج الى حرارات مرتفعة جداً ودون أن تدخل اليها أي مواد اضافية مساعدة للصهر . ولكن هذه الأفران باهظة التكاليف عند تحقيقها وتحتاج الى طاقة كهربائية هائلة عند استعمالها . ان افران القوس (Les fours à arc) تستطيع أن تعطي

حرارات مرتفعة . ولكن وجود المسربين (Electrodes) يمكن أن يكون عاملاً غير مساعد للحصول على مواد نقية كيميائياً .

أما في الأفران الشمسية فان الطاقة مجمعة ومركزة بواسطة جهاز بصري على المادة المراد صهرها دون ادخال اي مواد اضافية . كما يمكن ، ضمن شروط معينة . أن نصهر في الفراغ (Vide) اجساماً تتفاعل مع الهواء عند صهرها فيه. ان تكاليف انتاج افران شمسية تبقى كبيرة نسبياً . وان كانت تكاليف صيانتها منخفضة ، كما يمكن أن تكون احجامها كبيرة ، وهذا ما يسمح بصهر كميات كبيرة من المواد في وقت واحد . ولذلك يمكن اعتبارها افراناً جيدة من الناحية الاقتصادية .

تجميع وتركيز الأشعة الشمسية :

ان الطاقة الشمسية المتوافرة على سطح الأرض تبلغ تقريباً (١٠٠٠) واط في المتر المربع (1000 W/m2) . لذلك يتوجب علينا لاستعمال هذه الطاقة الشمسية أن نستعمل معدات بصرية تكون مساحتها عدة أمتار مربعة . ومن هنا فان العدسات لا يمكن استعمالها مبدئياً . أما السطوح العاكسة للضوء فيمكن استعمالها وبمساحات كبيرة ، ولكي يكون تجميع وتركيز الطاقة الشمسية جيداً قدر الامكان ، فانه يجب أن نستعمل مرآة لها شكل قطع مكافىء (Miroir paro-bolique) ونحن نعلم أن هذه المرآة تسمح للحزمة الضوئية المتوازيةالمنبعثة من مصدر ضوئي في اللانهاية والساقطة عليها بأن تنعكس وتتجه نحو بؤرة (Fayer) المرآة . في الحقيقة وفي حال استعمال مرآة لها شكل قطع مكافىء مثالية فان صورة الشمس لن تكون نقطة في بؤرة المرآة . بل بشكل قرص (disque) قطره d . هذا اذا كان قطر المرآة ضعيفاً بالنسبة الى بعدها البؤري distance focale f .

نرى أن : $(d = f\alpha)$

حيث أن (α) هي القطر الظــــاهري للشمس (diamètre apparent du soleil) ولا يزيد عن نصف درجة الا بقليل . فان القطر يساوي جزءاً من مائة من f تقريباً .

وبالتالي فان قطر صورة الشمس المقاس بالسنتمتر يساوي تقريباً البعد المحرقي للمرآة المقاس بالمتر. كما اننا نلاحظ أن هذا القرص محاط بهالة حرارية تنقص حرارتها كلما ابتعدنا عن مركز القرص حيث أن حرارته مرتفعة . لذلك نستنتج أننا لا نستطيع تجميع كامل الطاقة الشمسية الواقعة على المرآة داخل الصورة النظرية للشمس الموجودة في البؤرة والتي يساوي قطرها (d) .

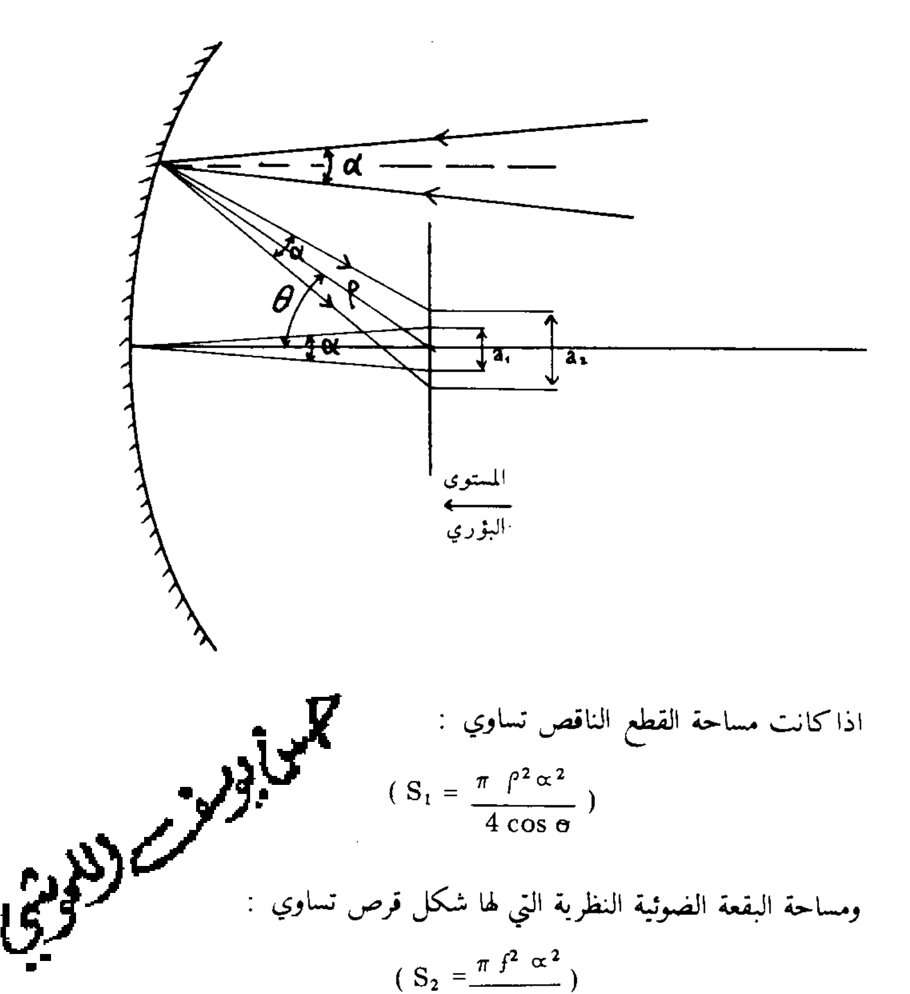
كيف تتكون الهالة الحرارية ؟

اذا اسقطنا حزمة ضوئية مخروطية متقاربة في النقطة ب حيث الزاوية في رأس المخروط تساوي α فان هذه الحزمة ستنعكس وتتجه الى بؤرة المرآة بشكل مخروط متقارب وبزاوية α أيضاً . ان تقاطع هذه الحزمة مع السطح المتعامد مع المحور الأصلي للمرآة والذي يمر بالبؤرة . يعطي بقعة ضوئية بشكل قطع ناقص (ellipse) محوره الأصغر عمودي على مسطح الصورة ويساوي

$$(a_1 = \rho\,\alpha)$$

أما المحور الأكبر للقطع الناقص يساوي

$$(a_2 = \frac{\rho\,\alpha}{\cos\theta})$$



اذا كانت مساحة القطع الناقص تساوي :

$$\left(S_1 = \frac{\pi \ \rho^2 \alpha^2}{4 \cos \theta} \right)$$

ومساحة البقعة الضوئية النظرية التي لها شكل قرص تساوي :

$$\left(S_2 = \frac{\pi f^2 \ \alpha^2}{4} \right)$$

فان هذه البقعة تتلقى جزءاً من الطاقة يساوي :

$$\left(\sigma_0 = \frac{S_2}{S_1} = \frac{f^2}{\rho^2} \cos \theta \right)$$

لنأخذ الآن على المرآة خطاً مستقيماً ولندير هذا الخط حول محور المرآة الاصلي فاننا نحصل بذلك على حلقة Couronne élémentaire .

إذا افترضنا أن الطاقة الشمسية على سطح الأرض بالسنتمتر المربع تساوي (E) فإن الطاقة التي تتلقاها الحلقة والتي نجدها داخل القطع الناقص ، الذي حددناه سابقاً ، تساوي :

$$(d E = 2 \pi E \rho^2 \sin \theta d \theta)$$

ان الجزء (σ_θ) من هذه الطاقة التي يتلقاها القرص الموجود على السطح المتعامد مع المحور الأصلي في المحرق يساوي :

$$(d E_\theta = 2 \pi E f^2 \sin \theta \cos \theta d \theta$$

وهي نفس الطاقة التي يتلقاها القرص البؤري من الحلقة (Couronne élémentaire) التي تمر بالنقطة (P).

إذا كان قطر المرآة يساوي α فان الزاوية التي تقابله تساوي ($2 \theta_0$) وبالتالي فالطاقة التي يتلقاها القرص المحرقي تساوي :

$$(E_{\theta_0} = \int_0^{\theta_0} 2 \pi E f^2 \sin \theta \cos \theta d \theta = \pi E f^2 \sin^2 \theta_0)$$

واذا كانت مساحة القرص تساوي :

$$(S_2 = \pi \frac{f^2 \alpha^2}{4})$$

فان الطاقة التي يتلقاها هذا القرص بالسنتمتر المربع تساوي :

$$(E_1 = \frac{4 E}{\alpha^2} \sin^2 \theta_0)$$

من الصيغة السابقة يمكن أن نحدد عامل (facteur) يميز هندسة المرآة المقعّرة لكل فرن شمسي وتسميه التركيز (concentration)

$$(C = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4 \sin^2 \theta_0}{\alpha^2})$$

فإذا كانت زاوية المرآة (θ_0) تساوي مثلاً (٦٠) درجة فان التركيز (Concentration) يساوي ($C = 35000$) واذا كان البعد البؤري للمرآة يساوي متراً والطاقة الشمسية تساوي ($E \simeq 0,1 \text{ w/cm}^2$) فان مساحة القرص البؤري تساوي ($S_1 = 0.75 \text{ cm}^2$) وان الطاقة التي يتلقاها : $(E_1 = 2,6 \text{ k w})$.

التجميع والتّركيز الفعلي للطاقة :

ان العرض النظري السابق يفترض ان المرآة لها شكل قطع متكافىء وهي عاكسة تماماً وليس هناك أي حاجز بين المرآة والشمس . هناك في الحقيقة عوامل كثيرة تساعد على اضعاف الطاقة الشمسية في بؤرة المرآة ، منها الانعكاس ، الامتصاص ، معدات التوجيه والمعدات الحاصلة للفرن

الشمسي . لذلك يجب الاقلال قدر الامكان من هذه العوامل المساعدة على هدر الطاقة عند بناء أي فرن شمسي .

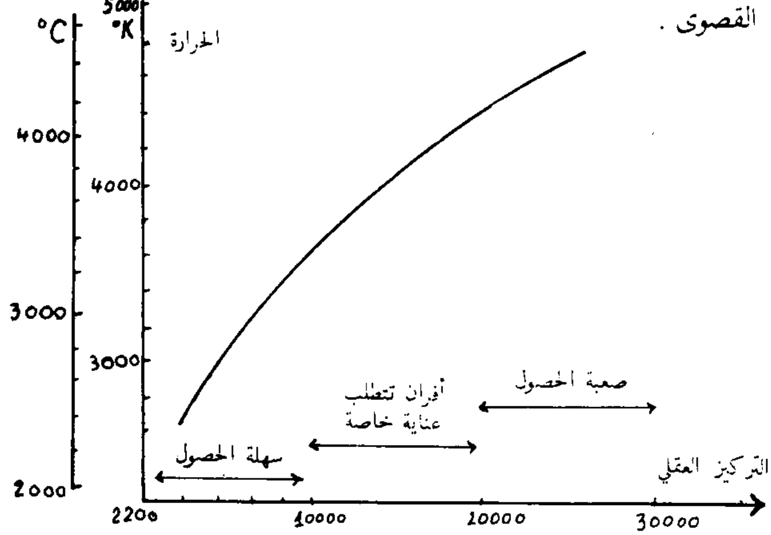
إن الأفران الشمسية تتألف عادة من مرآة لها شكل قطع متكافىء ومن مرايا مسطحة ترسل في جميع الساعات ، في جميع الأيام وفي جميع الفصول حزم الطاقة الآتية من الشمس نحو المرآة المقعّرة . ان هذه المرايا المسطحة تكون عادة زجاجية أو بلاستيكية حيث أن الجزء الخلفي منها مغطى بطبقات معدنية . من بين المعادن المستعملة الفضة ، حيث ان هدر الطاقة يكون (١٠٪) فقط تضيع بسماكة الزجاج (الذي يبلغ بضع المليمترات) وبامتصاص الفضة لهذه الطاقة . أما هدر الطاقة بسبب معدات التوجيه والمعدات الحاملة للفرن فلا يمكن تحديدها لأنها تختلف من فرن شمسي الى آخر بسبب طريقة بنائه وهي تتراوح بين (٣٠ و ٧٠٪) .

ان نسبة الطاقة التي يمكن أن نحصل عليها نظرياً الى الطاقة التي نحصل عليها عملياً تسمى «عامل» الفرن (F) (F Facteur de Four) .
كما يمكن أن نحدد عاملاً آخر يميز كلياً أي فرن ويمكن أن نسميه التركيز الفعلي (Concentration effective) (C_e) ، نحصل اذاً على المعادلة : $(C_e = F \times C)$

ان التركيز (Concentration) هو عامل يتعلق بهندسة الفرن ولا يمكن أن يتغير . أما عامل الفرن (F) (Le facteur de four) فهو متغير بحسب بناء الفرن ولا يمكن أن يتجاوز عملياً وفي أفضل الشروط رقم (٠,٦) . وعلى هذا فإن التركيز الفعلي (C_e) لا يتجاوز في أفضل الحالات (٢٠ ٠٠٠) .

حرارة الفرن الشمسي :

ان الطاقة التي تتلقاها بؤرة مرآة بشكل قطع متكافيء يمكن أن يمتصها جسم موضوع في هذه البؤرة . إن حرارة الجسم تبدأ بالارتفاع ، ولكي نتحاشى خسارة أي كمية من الحرارة بواسطة خاصة الايصال (Conductibilité) فاننا نعزل الفرن حرارياً . ان معرفة حرارة الفرن القصوى ممكنة اذا اعتبرنا أن كمية الحرارة التي يخسرها الفرن هي صغيرة نسبياً . وان الحرارة التي يشعها هي نفس الحرارة التي يتلقاها من الشمس وهي تساوي بالسنتمتر المربع (C_e E) وهذا ما حصلنا عليه نظرياً في الفقرة السابقة . اذا اعتبرنا الفرن مشابهاً للجسم الأسود . فاننا نستطيع أن نفترض بأنه يمتص كامل الطاقة الشمسية . واذا افترضنا أيضاً أن المرآة تشع من سطحها الأمامي فقط . فان الطاقة المنبعثة حسب قانون اسطفان (Stefan) تساوي (σT^4) والطاقة بالسنتمتر المربع تساوي ($C_e E = \sigma T^4$) وبالتالي فاننا نستطيع أن نستنتج حرارة الفرن القصوى .



ان الرسم البياني المرفق يعطينا تغير حرارة الفرن القصوى بالنسبة الى (C_e) في حين ان الطاقة الشمسية تساوي($E = 0,1\ w/cm^2$) ، من الناحية النظرية نلاحظ مثلاً أنه اذا كانت ($C_e = 20000$) فان الحرارة القصوى تساوي (٤٠٠٠) درجة مئوية . أما في الواقع العملي فان درجة الحرارة لا تصل الى هذا المستوى لأن هناك تهريباً حرارياً بواسطة خاصة الايصال (Conductibilité) ولكن الحصول على هذه الحرارة ممكن من الناحية التقنية .

إن الحصول على حرارة تساوي (٣٢٠٠) درجة مئوية أمر ممكن في أفران شمسية جيدة البناء وفي أوقات قصيرة نسبياً . نستطيع مثلاً أن نرفع حرارة جسم موصل جيّد للحرارة الى (٢٧٠٠) درجة مئوية خلال نصف ثانية ، واذا كان الجسم موصلاً رديئاً للحرارة . فخلال ثلاث ثوان . أما بالنسبة للمعادن الجيدة الايصال للحرارة . فان حالة السطح في هذه المعادن تجعل ارتفاع حرارتها بطيئاً . نستطيع مثلاً صهر الحديد على (١٥٠٠) درجة مئوية خلال (٦) أو (٧) ثوان .

صناعة الأفران الشمسية :

نعرض في هذا القسم مختلف الطرق والوسائل المستعملة لتركيز الطاقة الشمسية في نقطة معينة وثابتة . لقد رأينا أن أفضل طريقة لتجميع وتركيز أكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية هي باستعمال المرايا التي لها شكل قطع متكافىء والتي تصل مساحتها حتى مئات الأمتار المربعة (ان أكبر مرآة موجودة اليوم تبلغ مساحتها ٢٠٠٠ م[٢]) . ولكن في الحالات العادية يجب أن تكون مساحة المرآة بضعة أمتار مربعة لاعتبارات اقتصادية منها تكاليف التصنيع والصيانة .

ويمكن لبؤرة المرآة أن تكون متحركة . ولكنها في معظم الأحيان ثابتة

لا تتحرك لأسباب عديدة منها أن المعدات الموجودة في البؤرة تكون ثقيلة يصعب تحريكها. اضافة الى ذلك فان المواد المراد تسخينها في الفرن الشمسي تكون عادة بشكل مسحوق.

لهذا فان المرآة التي لها شكل قطع متكافىء تكون ثابتة وبالتالي فلن تصلها أشعة الشمس في معظم ساعات النهار وفي مختلف الفصول. من هنا وجوب استعمال مرايا مسطحة متحركة تسمى مرايا موجهة للضوء تستطيع أن تتبع حركة الشمس بدقة متناهية وتعكس على المرآة المقعّرة أشعة الشمس طوال ساعات النهار وعلى مدار السنة.

إن لاختيار المكان المناسب لبناء الأفران الشمسية أهمية كبرى. فمن الضروري أن يكون هناك صفاء في الجو وأن يكون ظهور الشمس مستديماً خلال ساعات النهار. لذلك يجب اختيار المناطق الجافة والجبلية. لأن نسبة بخار الماء في المناطق الجافة تكون قليلة. ونحن نعلم أن بخار الماء يمتص الطاقة الشمسية. أما في المناطق الجبلية المرتفعة فيكون الجو أكثر صفاءً وأقل رطوبة مما يجعلها أماكن مثالية لبناء الأفران الشمسية.

صناعة المرايا التي لها شكل قطع متكافىء :

ان صناعة المرآة المقعرة هي المرحلة الأصعب في بناء الفرن الشمسي. وبامكاننا صنع مرآة يبلغ قطرها بضعة امتار وتكون مؤلفة من قطعة واحدة. أما المرايا التي يتعدى قطرها ذلك فانها تكون مؤلفة عادة من عدة قطع مجموعة الى بعضها.

مرايا بأحجام صغيرة ومتوسطة :

ان المرايا التي لا يتعدى قطرها المترين تعتبر مرايا صغيرة أو متوسطة الحجم ويمكن استعمالها في مجالات أخرى غير بناء الأفران الشمسية. ان

نوعية هذه المرايا جيدة ولكن الاستفادة منها محصورة في بناء افران شمسية تستعمل للابحاث المخبرية .

إذا كانت تكاليف صناعة المرايا الزجاجية مرتفعة فانه من الممكن صناعة مرايا أقل كلفة باستعمال ألواح من الالمنيوم أو البلاستيك . ان المرايا المصنوعة من ألواح الالمنيوم هي أقل جودة من المرايا الزجاجية . وتكاليف انتاجها تصبح قليلة اذا أمكن انتاج كميات كبيرة من هذه المرايا . أما بالنسبة للمرايا البلاستيكية فانه بالامكان صناعة هذه المرايا بطرق مختلفة وبنوعية جيدة . أما تكاليف انتاجها فيمكن أن تكون قليلة إذا انتج منها أيضاً كميات كبيرة .

مرايا ذات أحجام كبيرة :

إن هذه المرايا مؤلفة من عدة أقسام منفصلة عن بعضها ومثبتة على حامل قوي . هناك اسلوبان تقنيان متبعان لصناعة هذه المرايا : الأسلوب الأول هو استعمال مرآة مؤلفة من عدة أجزاء وبأشكال مختلفة حسب موقعها بالنسبة الى مركز المجموعة . أما الأسلوب الثاني فيكون باستعمال مرايا يمكن أن يتغير شكلها آلياً .

فرن صاندي Le four de Sendai

لقد توصل صاندي وهو ياباني الى بناء مرآة قطرها (١٠) أمتار ومؤلفة من (١٨١) قطعة ، موزعة على سبع حلقات . هناك إذاً سبعة نماذج من المرايا . وكل مرآة سماكتها (١٠) مم . من أجل صناعة هذه المرايا تستعمل قوالب معينة توضع عليها المرايا حيث تحمّى حتى تلين ثم تأخذ شكل القالب الموضوعة عليه . بعد ذلك تخضع هذه المرايا لعملية التنعيم ثم تطلى

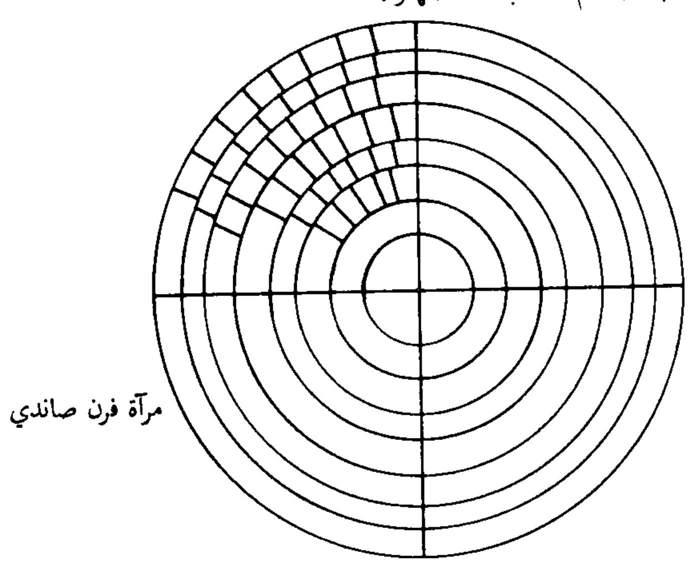
سطوحها الأمامية بالالمينيوم . ان مرآة صاندي المصنوعة بهذه الطريقة هي مرآة عالية الجودة من أجل صناعة الأفران الشمسية .

فرن ناتيك Le four de Natick

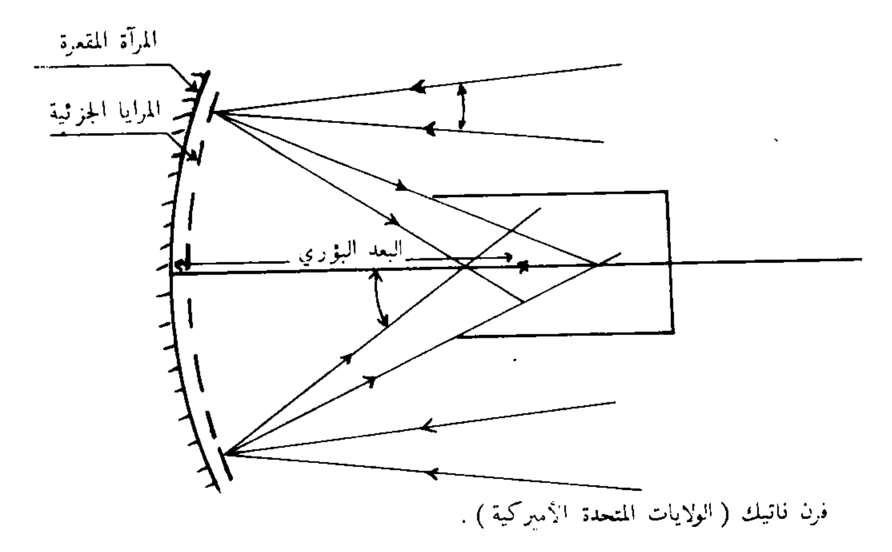
إن مرآة ناتيك المستعملة لصناعة الأفران الشمسية مؤلفة أيضاً من عدة أجزاء . ولكنها تختلف عن مرآة صاندي بان جميع أجزائها لا تؤلف سطحاً متواصلاً ، بل كل جزء يعمل بشكل منفصل عن الآخر . ان فتحات هذه الأجزاء تكون صغيرة نسبياً ، وبالتالي فليس من الضروري أن يكون لها شكل قطع متكافىء . أما عندما يكون للمرايا فتحات متواضعة ، وحين يكون للصورة حجم معين (أي لا تكون بشكل نقطة) ، فان أفضل حل هو أن يكون لهذه المرايا شكل كروي . من هذه المنطلقات يمكن اعتبار بناء مرآة ناتيك (Natick) سهلاً نسبياً لأن عدد المرايا الجزئية أقل من عدد مرايا صاندي (١٨٠) كما وأن جميع هذه المرايا متشابهة ولها شكل كروي . ان صناعة هذه المرايا يتم بتسخين الزجاج حتى الليونة على قوالب مقعرة من السيراميك (Céramique) حتى تأخذ قطع الزجاج شكل القالب . ان سطح المرآة الملتصق بالقالب يكون غير صالح للاستعمال ، أما السطح الآخر فيكون سطحاً عاكساً للضوء ، وبهذا يكون عندنا طريقة اقتصادية جداً لصناعة المرايا .

من مساوىء مرآة ناتيك أن المرايا الجزئية لا تؤلف سطحاً متصلاً ، كما أنه من الممكن أن يقع خيال هذه المرايا بعضها على بعض وفي ذلك خسارة لجزء من الطاقة . أمَّا في مرآة صاندي ، فان سطوح المرايا الجزئية الأمامية مطلية بالالمينيوم . ولكن التجربة اثبتت أن انعكاس الضوء على هذه المرايا يكون ممتازاً عندما تكون جديدة ، وان جودة انعكاس الضوء تقل مع الوقت لذلك يجب طلي المرآة من جديد بالألمينيوم وهي عملية مكلفة

عادة . وبالرغم من ذلك فان لفرن ناتيك فعالية حسنة في مجال الابحاث المتعلقة بالأجسام الصعبة الانصهار.



مرآة فرن صاندي



فرن ناتيك (الولايات المتحدة الأميركية) .

فرن جبل لويس Le four de Mont-Louis

ان فرن جبل لويس هو أقدم فرن شمسي حيث يبلغ قطر مرآته المقعرة (١١) متراً وبعد بؤرتها (٦) أمتار كما أنها مؤلفة من عدة أجزاء مسطحة زجاجها لين يمكن أن يتغير شكلها آلياً وفي مكانها بواسطة أجهزة موضوعة أمام المرآة . ان عدد هذه المرايا يساوي (٣٥٠٠) قطعة . وكل قطعة لها ضلع طوله (١٥) سنتمتراً وسماكة تساوي (١.٨) مم كما أن سطوحها الخلفية مطلية بالفضة ومحمية بالنحاس والدهان .

ان المرآة مؤلفة في الحقيقة من عدة مجموعات من المرايا . كل مجموعة مؤلفة من (٢٤) مرآة يمكن نقلها بسهولة . لكي تضبط في المختبر ثم تعاد الى مكانها . ان زجاج هذه المرايا مصنوع من نفس الزجاج الذي يستعمل للواجهات ولشبابيك البيوت . أي أنه قليل السماكة وقليل الكلفة . وهذا من مساوىء هذه المرايا لأنه مهما كان اختيار نوع الزجاج حسناً ، فانه لن تكون له فعالية جيدة . ومن مساوىء هذا الفرن أيضاً أن المعدات الآلية المستعملة لتغيير شكل المرايا الجزئية موضوعة أمام المرآة حيث ان ظلها يقع على المرآة ويكون سبباً لخسارة بعض الطاقة . نلاحظ هنا أن خسارة الطاقة قليلة . ولكن لا يمكن اهمالها لأنه في الفرن الشمسي يأتي هدر الطاقة من مجموع الهدر القليل لهذه الطاقة .

فرن اوديو — فون — رومو Le four d'odeillo–font - Romeu

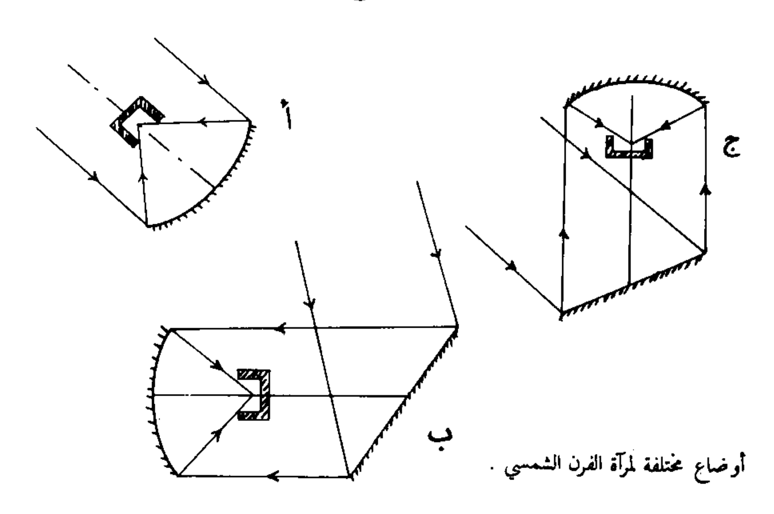
هذا الفرن هو نوع محسّن لفرن جبل لويس . حيث أن قطر المرآة المقعّرة يساوي (٥٤) متراً وهي مؤلفة من (٨٠٠٠) مرآة جزئية يتغير شكلها آلياً . كل مرآة يبلغ طولها (٥٠) سنتم وعرضها (٤٠) سنتم . ولقد تم تحاشي أخطاء فرن جبل لويس باستعمال مرايا سماكتها (٤.٥) مم ووضع معدات تغيير الشكل وراء المرآة وليس أمامها . ان الهدر الوحيد للطاقة في هذا الفرن

هو بسبب رؤوس « البراغي » الظاهرة على سطح المرآة الأمامي .

ان المرايا الجزئية لهذا الفرن مثبتة على ألواح معدنية لها شكل قطع متكافىء . وان هذه الألواح مثبتة بدورها على بناء من الاسمنت له شكل حجم متكافىء (Paraboloïde) . ان مجموع هذه المرايا يؤلف مرآة لها بعد بؤري يساوي (١٨) متراً . وتعطي في البؤرة بقعة ضوئية قطرها (٢٥) سنتم حيث يمكن أن ترتفع حرارتها الى (٣٥٠٠) درجة مئوية . لقد استغرق تجميع أجزاء مرآة هذا الفرن البالغة (٩٠٠٠) قطعة حوالي السنتين . وأعطت نتائج جيدة ويمكن اعتبارها من أفضل المرايا للأفران الشمسية من الناحية الصناعية حتى اليوم .

المرايا المواجهة للأشعة الشمسية :

إن طريقة توجيه الأشعة الشمسية نحو الجسم المراد صهره في الفرن الشمسي تتعلق بنوع المرآة المستعملة . فاذا كانت المرآة مؤلفة من قطعة واحدة فبالامكان تحريك المرآة المقعّرة لتتبع الشمس في حركتها .



أوضاع مختلفة لمرآة الفرن الشمسي .

في هذه الحالة يكون الفرن متحركاً والحزمة الضوئية المتجهة نحو بؤرة المرآة متجهة الى أعلى . لذلك لا يمكننا معالجة المواد المسحوقة ولا صهر المواد الصلبة في هذا الفرن . ولكنه يستعمل لرفع حرارة مواد موجودة داخل أنبوبة زجاجية شفافة تكون في بؤرة المرآة .

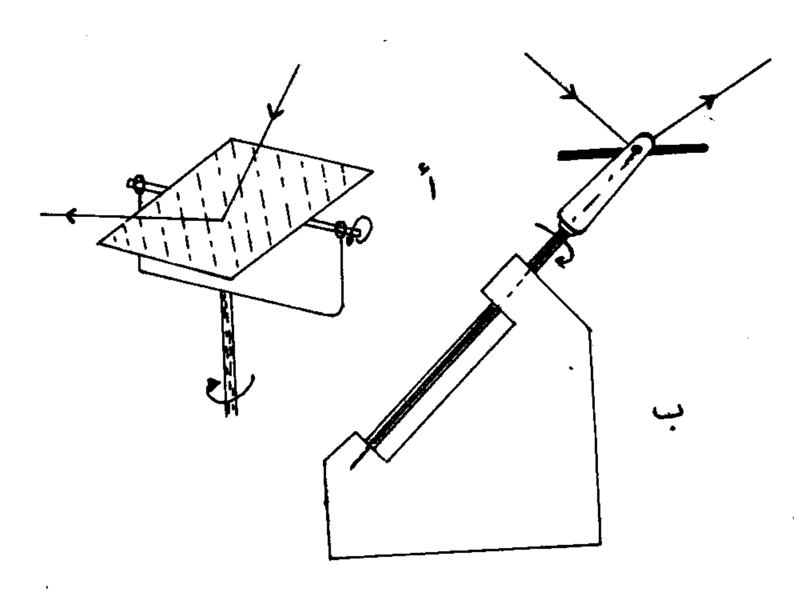
أما بالنسبة لمعظم الأفران الشمسية فيجب أن تكون بؤرة المرآة المقعّرة ثابتة . لذلك يجب توجيه أشعة الشمس نحو هذه المرآة بواسطة مرايا مسطحة . في حال المرايا المقعّرة الكبيرة والمركبة فاننا نستعمل الوضع ب لأنه في هذه الحالة يكون محور المرآة الرئيسي أفقياً وهو الوضع الأفضل من أجل صلابة ومتانة المرآة .

أ ـــ المرايا المسطحة :

جميع المرايا المسطحة . الموجهة للحزم الضوئية . مؤلفة عملياً من عدد من المرايا المجمعة على حامل معدني قوي بنفس طريقة تجميع المرآة المقعرة . يجب أن تكون سطوح المرايا الجزئية متوازية ولكن ليس من الضروري أن تكون جميعها في نفس المسطّح لأن الحزمة الضوئية الهابطة عليها هي حزمة متوازية . ولكي يكون انعكاس هذه الحزم الضوئية قوياً . تطلى سطوح المرايا الخلفية بالفضة أو تغطى سطوحها الأمامية بالألمينيوم . ولقد رأينا مساوىء وحسنات هاتين الطريقتين .

ب ـــ حاملات المرايا الموجهة للضوء وطرق تحريكها :

في حالات المرايا المسطحة الصغيرة المساحات . هناك طريقتان لتحريك وتوجيه هذه المرايا .



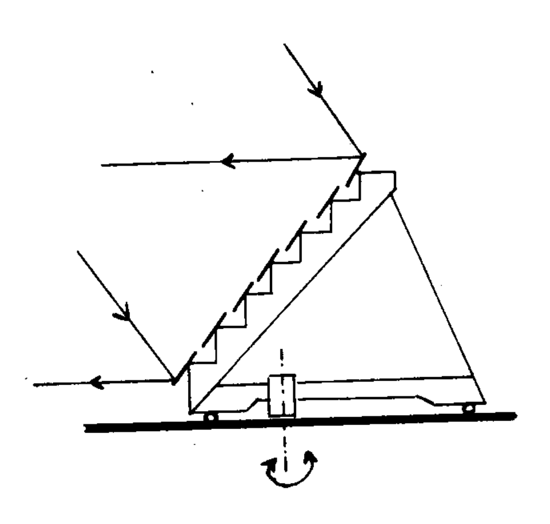
الطريقة الأولى وتسمى «الطريقة الخط استوائية» (equatoriale) وتكون بدوران المرآة على محور «مواز» لمحور الأرض وعلى محورٍ آخر عمودي على المحور الأول . ان استعمال هذه الطريقة لدوران المرايا المقعّرة أو المسطحة هو عملي. إذ يكفي أن تدور المرآة بسرعة ثابتة حتى تبقى صورة الشمس في بؤرة المرآة . ولكن لا يمكن استعمال هذه الطريقة إلا في حالات المرايا الصغيرة المساحات .

أما الطريقة الثانية وتسمى الطريقة السمتية (azimutale) وتكون بدوران المرآة حول محورين الأول عمودي والثاني أفقي . في هذه الحالة يجب تحريك المرآة بطريقة تستطيع بها أن تتبع حركة الشمس في دورانها . يستعمل لأجل هذه الغاية منظار خاص يأخذ قسماً من الشعاع المنعكس على المرآة ليعطي صورة له على جهاز من خلايا كهرضوئية (cellules photoélelctriques). ان فرن جبل لويس يستعمل اثنتين من الخلايا

الكهرضوئية لدوران المرآة حول المحور العمودي وخليتين أخريين لدوران المرآة حول المحور الأفقي . ان هذه الخلايا تعمل بالشكل التالي : عندما تتحرك صورة الشمس تصبح هذه الخلايا مضاءة بشكل غير متساو . وبالتالي يحدث توتر (Tension) بين طرفي زوجي الخلايا . حيث أن هذا التوتر يضخم ويستعمل لدوران المرآة الموجهة حتى يعود زوجا الخلايا الكهرضوئية مضاءين في شكل متساو فيهبط التوتر الى الصفر وتتوقف المرآة عن الدوران .

ان استعمال التوتر (Tension) المضخم يكون اما بطريقة مباشرة وذلك بتغذية محركات كهربائية تستطيع أن تحرك المرآة . وأما بطريقة فرن جبل لويس . وذلك بنقل التوتر المضخم الحاصل بين اثنتين من الخلايا الكهرضوئية الى وشيعتين (Solénoïdes) موضوعتين بشكل متعاكس ولهما نفس المحور . كما أنهما يحتويان على نواة مشتركة بينهما تتجه نحو احدهما أو الآخر حسب حالة الخليتين ، فالمضاءة أكثر . ينتج عنها توتر أعلى . ان هذه النواة متصلة آلياً بصمام يستطيع أن يوجه زيتاً تحت ضغط معين الى أحد سطحي مكبس (Piston) يتصل بدوره برافعة تستطيع أن تتحكم بحركة موجه الضوء . ان هذه الطريقة المجربة اعطت نتائج جيدة وفعالية عالية .

أما في فرن صاندي فان المرايا الموجّهة للضوء موزعة على درجات سلم . على كل درجة يوجد (٣٤) مرآة موزعة على صفين وكل مرآة لها طول يساوي (١٠٠)سنتم وعرض (٩٠)سنتم . ان دوران المرايا الموجهة للضوء حول محور عمودي أمر سهل . وذلك بدوران السلم كله حول هذا المحور . أما حركة المرايا حول محاور افقية فانها معقدة ويجب تحريك جميع المرايا في نفس الوقت . من أجل تحقيق هذه الحركة فانه يستعمل جهاز من لرافعات يدار آلياً بواسطة محرك وحيد .



المرايا الموجهة لفرن صاندي

ان فرن اوديو ــ فون ــ رومو Odeillo–Font–Romeu يستعمل (٦٣) مرآة موجهة للضوء منتشرة على مساحة (٧٠م × ٤٠ م). كل مرآة مساحتها (٦ م × ٧.٥ م) مؤلفة من عدة اجزاء مساحة كل جزء (٠.٥٠ م × ٠.٥٠ م). ان هذه المرايا موزعة في صفوف على (٨) أرصفة محفورة في سفح جبل مواجه للمرآة المقعّرة. ان تحريك هذه المرايا الموجهة للضوء يتم بواسطة رافعات وخلايا كهرضوئية كما هي الحال في فرن جبل لويس. ان استعمال المرايا الموجهة بهذه الطريقة له حسناته الكثيرة منها أن صناعة (٦٣) مجموعة متشابهة من المرايا تقلل من كلفة انتاجها. كما ان صغر مساحات هذه المرايا يساعد على تخفيف قوة ضغط الهواء على سطوحها. وفي حال حصول أي عطل طارىء على احدى هذه المرايا الموجهة، فان الخسارة في الطاقة الشمسية تكون ضعيفة ولا يمكن أن يتعطل الفرن في هذه الحالة.

تطبيقات الأفران الشمسية :

استقبال الطاقة الشمسية في بؤرة المرآة المقعرة :

يمتصّ الجسم الموجود في بؤرة مرآة مقعّرة لفرن شمسي جزءاً من الطاقة الشمسية التي يتلقاها فترتفع حرارته تبعاً لذلك . أما الجزء الباقي من الطاقة فانه ينعكس على الجسم وينتشر . عندما تبدأ حرارة الجسم بالارتفاع فانه يبدأ باشعاع جزء من الطاقة بواسطة الحمل الحراري والموصلية الحرارية (convection et conductibilité) عندما يصل الجسم الى حرارته القصوى فإنه يشع كامل الطاقة التي يتلقاها . وبهذا نلاحظ ان حرارة الجسم تتعلق بطبيعة مادة هذا الجسم وبطريقة تعرضه للأشعة . نعلم ان قطعة معدنية ملساء السطح موجودة في بؤرة مرآة مقعّرة لا تسخن إلا قليلاً لأنها لا تمتص إلا جزءاً قليلاً من الطاقة . فاذا جعلنا هذه القطعة المعدنية بشكل فجوة فتحتها في بؤرة المرآة المقعرة فاننا نقترب بذلك من حالة الجسم الاسود لأنه سيحدث داخل هذه الفجوة انعكاسات مستمرة للضوء وفي كل مرة يكون هناك امتصاص جزئي للطاقة وفي النهاية فان هذا الجسم سيمتص كامل الطاقة التي يتلقاها .

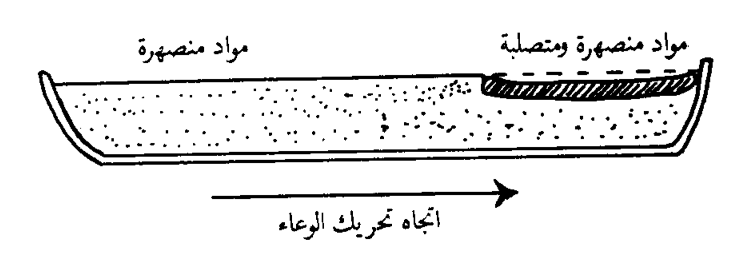
اذا أردنا أن نرفع . الى درجة عالية . حرارة جسم بلوري مثلاً . فاننا يجب أن نضعه في بؤرة المرآة المقعّرة بشكل مسحوق . لأن طبيعة هذا الجسم شفاف ويسمح بمرور الأشعة الضوئية من خلاله . كذلك الأجسام الموصلة بشكل جيد للحرارة فانه يجب وضعها في بؤرة المرآة على شكل مسحوق لأنها تستطيع أن تتبادل الحرارة بإيصاليتها (conduction) اذا استعملناها بشكل كتلة واحدة .

وهكذا نلاحظ أنه لا يمكننا صهر جميع المواد بنفس الطريقة . وهذا ما يقودنا للأخذ بأسلوبين مختلفين لصهر الاجسام وذلك اما مباشرة واما

بطريقة الفجوة مع أخذ جو المحيط بالجسم أثناء صهره بعين الاعتبار.
كعذله عن الهواء اذا كان وجود الهواء يؤثر على عملية الصهر.

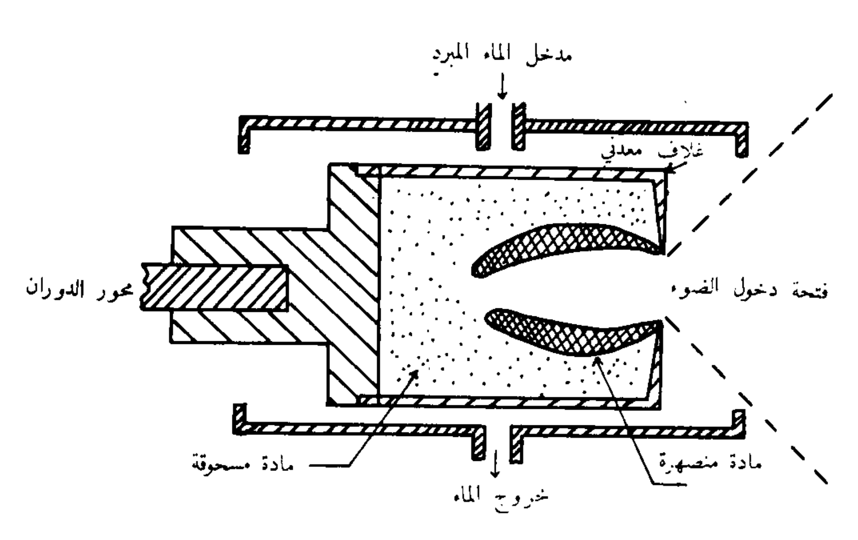
أ ـــ صهر الأجسام بالاسلوب المباشر :

تسلّط الأشعة في هذه الحالة بشكل عمودي من أعلى الى أسفل على سطح المادة المراد صهرها. في الحالات السهلة نضع المسحوق المراد صهره في وعاء ونضعه في بؤرة المرآة. ان الانصهار يحدث خلال ثانية لأن حرارة البؤرة يمكن أن تصل الى (٣٠٠٠) درجة مئوية. جزء من المسحوق فقط ينصهر بهذه الطريقة والقسم الباقي يستعمل كعازل للحرارة. لا يمكن تطبيق هذه الطريقة السهلة إلا على عدد قليل من الأجسام. ان صهر الأجسام بهذه الطريقة يتم بوضع المسحوق في وعاء يمر ببطء تحت الأشعة. يبدأ القسم الذي انصهر، أثناء مروره بالبؤرة، بالتصلب عند ابتعاده عنها ونحصل في النهاية على مادة صلبة وبشكل عصي.



ب ـــ صهر الأجسام داخل الفجوة :

نستعمل هذه الطريقة عندما تكون الأجسام المراد صهرها معدنية أو بلورية. نسحق هذه المواد ونضعها داخل الفجوة.



فرن طارد (Four centrifuge)

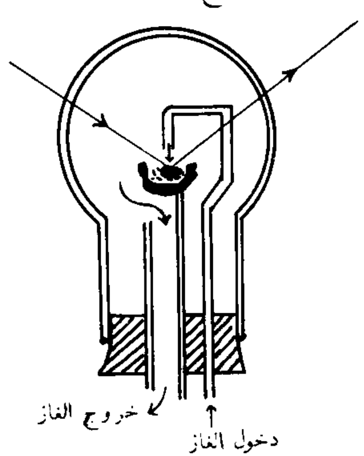
يجب أن تكون فتحة الفجوة جانبية وضيقة لنحصر في داخلها أكبر كمية ممكنة من الضوء الآتي من المرآة المقعّرة . تدور هذه الأفران عملياً حول محورها البصري بسرعة كافية لكي تلتصق المواد على جوانب الفرن بسبب القوة الطاردة (force centrifuge) كما ان هذا المحور يمكن أن يكون عمودياً ، افقياً أو مائلاً . يكون صهر المواد الموجودة داخل الفرن تدريجياً ، يبتدىء من القسم الملتصق بالفجوة ثم ينتقل الصهر الى كامل المسحوق . تبرّد جوانب الفرن الخارجية بالماء لكي لا ترتفع حرارتها . لهذه الطريقة الممتازة فعالية كبرى كما يمكن استعمالها صناعياً وبشكل واسع . فهي تستطيع أن ترفع حرارة الأجسام بسرعة والى درجات عالية دون أن تتأثر هذه المواد بغيرها وبمعزل عن الهواء وفي جو مكيف .

ج ــ صهر الأجسام في جو مكيّف :

تسمح الأفران الشمسية بمعالجة الأجسام بمعزل عن الهواء وفي أي غاز

وعلى أي ضغط (حتى ٢٠ كلغ/سنتم٢) وحتى في الفراغ . أما في الأفران الكبيرة فيصعب العمل تحت ضغط يختلف عن الضغط الجوي . لأنه يجب علينا في هذه الحالة أن نسد فتحة الفرن بواسطة زجاج شفاف تكون مساحته كبيرة وسماكته كبيرة أيضاً . عند ذلك يمتص هذا الزجاج قسماً من الطاقة الواصلة الى البؤرة . أما في حال تسخين جسم في غاز معين فلا لزوم لسد فتحة الفرن . لأنه يكفي أن ندفع بهذا الغاز الى داخل الفرن فيتسرب من فتحته الأمامية ويمنع دخول الهواء بسبب الارتفاع البسيط في الضغط داخل الفرن .

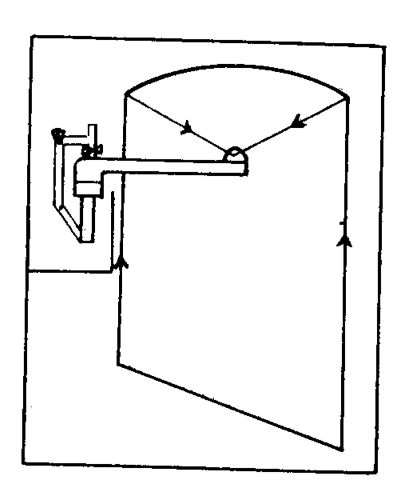
ان استعمال الأفران الشمسية الكبيرة في الحالات السابقة لا يكون إلا في حالة الضرورة القصوى . أما الأفران الشمسية المستعملة كمختبر للتجارب فيمكن استعمالها في جميع الحالات .



انبوبة تستعمل لمعالجة الأجسام المختلفة في جوّ مكيّف

في الصورة المرفقة التصميم المستعمل عالمياً لتسخين الأجسام : يستعمل في الأفران الشمسية وبوجود غاز معين . أما بشأن رفع حرارة الأجسام في

الفراغ المطلق فيكون باستعمال الجهاز المرسوم في الصورة التالية والذي يسمح بابحاث على درجة كبيرة من التخصص والنظافة والتي لا يمكن أن تعطيها أي افران أخرى غير شمسية .



جهاز يستعمل لمعالجة الأجسام في الفراغ

تطبيقات الأفران الشمسية . قياسات فيزيائية في الفرن الشمسي :

ان القياسات الفيزيائية في الفرن الشمسي تقسم الى قسمين مختلفين . القسم الأول يبحث بتحديد الشروط الفيزيائية المسيطرة في الأفران الشمسية كالطاقة الواصلة والحرارة الناتجة . والقسم الثاني يبحث باستعمال الفرن الشمسي لقياس الخصائص الفيزيائية للأجسام المرتفعة الحرارة .

أ ــ قياس الطاقة في بؤرة الفرن الشمسي :

ان تطابق الحساب النظري للطاقة التي نحصل عليها في فرن شمسي مع الواقع العملي لهو من الأمور الجيدة التي تسمح بمعرفة مجالات استعمال هذا الفرن . من أجل قياس الطاقة التي يتلقاها الفرن الشمسي فاننا نتبع الطريقة التالية : نبعث بالأشعة الشمسية الى داخل كرة مجوفة تستطيع أن تمتص كامل الطاقة ويمكن أن نعتبرها جسماً اسود تقريباً . ان حرارة الكرة سترتفع ثم تنقل هذه الحرارة الى انابيب تجري فيها المياه فترتفع بالتالي حرارة المياه ثم نقيس هذه الحرارة عند دخول الماء وعند خروجه من الأنابيب بواسطة المزدوج الحراري (Thermocouple) وهذه الطريقة من حيث الهندسة والتركيب تشابه الطريقة المستعملة لقياس طاقة الشمس على سطح الأرض . وبالتالي فان معرفة نسبة الطاقة الشمسية على سطح الأرض الى الطاقة الناتجة في محرق المرآة أصبحت ممكنة . وبهذا فمن معرفتنا للطاقة الشمسية على سطح الأرض في مكان معين . فاننا نستطيع أن نعرف الطاقة التي يمكن أن نحصل عليها في محرق المرآة المقعّرة .

ب ــ قياس حرارة الفرن الشمسي :

لمعالجة بعض الأجسام كيميائياً في الفرن الشمسي فانه يجب أن يكون هناك معرفة دقيقة لحرارة الفرن . فاذا كانت الحرارة أقل من (٢٠٠٠) درجة مئوية فان قياسها يكون سهلاً بواسطة المزدوج الحراري (Thermocouple) . أما اذا كانت حرارة الفرن تتراوح بين (٢٠٠٠) و (٣٠٠٠) درجة مئوية فيجب استعمال البيرومتر (pyrometre) البصري الكهرضوئي (Photoelectrique) لقياس هذه الحرارة . من الصعوبات التي يمكن أن تواجهنا باستعمال هذه المعدات . أن الجسم

المعالج ليس هو بالجسم الأسود ، كما أن الأشعة المنتشرة على السطح يمكن أن يستقبلها البيرومتر . ولتفادي هذا الاشعاع هناك طريقتان متبعتان :

أ ـ طريقة المصافي البصرية Filtres optiques

ان هذه الطريقة تهدف لوضع مصفاة بصرية (filtre optique) أمام الشعاع الضوئي الآتي من الشمس حيث أن هذه المصفاة تسمح بامتصاص حزمة من الأشعة بطول موجي معين . ان البيرومتر المستعمل مجهز هو أيضاً بمصفاة بصرية لا تسمح بمرور الأشعة الصادرة من الجسم المسخن إلا في مجال طيفي ضيق ومركز حول طول الموجة السابق . وهكذا فان نقصان الطاقة بوجود المصفاة يكون قليلاً اذا كان المجال الطيفي ضيقاً وطول الموجة المختار مناسباً . نستطيع مثلاً أن نستقبل أشعة شمسية من خلال مصفاة من البلكسيغلاس (Plexiglace) التي تسمح بمرور الأشعة الضوئية التي هي في المجال الطيفي المرئي والأشعة القريبة من مجال تحت الحمراء . ولكن هذه المصفاة لا تسمح بمرور الأشعة التي يبلغ طول أمواجها بحدود (١,٧) ميكرون (micron) . ان استعمال مصفاة مركزة على طول موجي يساوي (١,٧) ميكرون ومستعملة في البيرومتر تساعدنا في الحصول وبشكل جيد ، على درجة حرارة الفرن الشمسي .

استعمال الفرن الشمسي في الكيمياء والتعدين :

تأتي أهمية الأفران الشمسية من معالجتها للمواد المختلفة على حرارة مرتفعة جداً . وتبعاً لذلك فان ثمن هذه المواد سيكون مرتفعاً . وهذا ما يحدث أيضاً في الأفران غير الشمسية والتي قوتها (١٠٠) كيلوواط . ان أفضلية الأفران الشمسية تأتي من امكانية الحصول بواسطتها على مواد نقية

لا يداخلها أي عنصر آخر اثناء الصهر كما يحدث في الأفران الكهربائية .

ان أفضل استعمال للأفران الشمسية في أيامنا الحاضرة هو بصهر المواد المختلفة في بيئة مؤكسدة . لنأخذ مثلاً صهر أوكسيد الالمنيوم (Alumine) في الافران الطاردة (Fours centrifuges) للحصول على الكوريندون (Corindon) . ان استعمال فرن بقوة (٥٠) كيلوواط يمكن أن يعطي (٥٠)كلغ في الساعة من الكوريندون (Corindon) ويكون أكثر نقاوة من ذلك الذي نحصل عليه من فرن كهربائي .

ان صهر الكوارتز (quartz) على (١٧٠٠) درجة مئوية في فرن شمسي يمكن أن يعطينا زجاجا نقياً من السيليس (Silice) حيث أنه يستعمل لشفافيته الكبيرة للضوء .

من الأوكسيدات المهمة في مجال المواد الصعبة الانصهار اوكسيد الزيركونيوم (Oxyde de Zirconium Zro2) إذ تبلغ درجة انصهاره (٢٧٠٠) درجة مئوية وهو يعتبر من المواد الهامة في مجال الصناعة التقنية الحديثة . ان استعمال فرن شمسي يدور حول محوره البصري يمكن أن يعطينا (١٢)كلغ في الساعة بعد اضافة كمية من الكلس لكي تعطينا مادة ثابتة . ان المادة التي نحصل عليها بعد صهر أوكسيد الزيركونيوم تطحن وتنقى وتستعمل في صناعة السيراميك (Céramique) ليصنع منها قطع غير قابلة للصهر . أما في حالة زيركونات الكلس (Zirconate de colcium Zro3Ca) فان الفرن الشمسي ليس مفضلاً وحسب ، بل هو ضروري لأن هذا الجسم لا يمكن تحضيره بطريقة صحيحة إلا في الأفران الشمسية حيث أن الحرارة يجب أن تصل الى (٢٠٠٠) درجة مئوية . ان درجة انصهار زركونات الكلس تصل الى (٢٣٥٠) درجة مئوية وهو يستعمل كعازل كهربائي في الأجهزة الكهربائية المرتفعة الحرارة .

كما أن الفرن الشمسي له مجالات هامة في صناعة التعدين وخاصة المعادن الثمينة مثل معالجة الفولفرام (Wolfram) من أجل الحصول على أندريد التنغستين (anhydride tungstique) الذي يستعمل لتحضير التنغستين (Tungstène) .

تنقية المواد :

ان صهر جسم صعب الانصهار على درجة حرارية عالية في فرن شمسي يساعد على تنقية هذا الجسم من الأوساخ العالقة به، ذلك ان هذه الأوساخ غير المرغوب فيها تنصهر وتتبخر على درجات حرارية أقل من درجة انصهار الجسم نفسه . مثل تنقية المانيزي (magnesie) (درجة انصهاره ٢٨٠٠ درجة مئوية) . أوكسيد التوريوم (Oxyde de thorium) (٣٠٥٠ درجة مئوية) وأوكسيد الالمينيوم (٢٠٥٠ درجة مئوية) .

الصدمات الحرارية :

إن الصدمة الحرارية هي وقوع طاقة حرارية كبيرة في وقت قصير جداً على جسم معين . وهذا ما يحدث للعربات الفضائية عند دخولها المجال الجوي للأرض . ان فرن اوديو (Odeillo) الذي تبلغ طاقته (١٠٠٠) كيلوواط قد استعمل لاجراء صدمات حرارية على نماذج عديدة من المعادن تكون مساحتها كبيرة . وهذا ما يتلاءم كثيراً مع الواقع عند استعمال هذه المعادن لصناعة العربات الفضائية .

حسن يوسف اللويمي

الكهرباء الشمسية

تعـميْـمَات

هناك عدة أجهزة تستطيع تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية ولكن في كل الحالات يكون الجهد (tension) أو التيار ضعيفاً مما يُوجب استعمال عدد كبير من الأجهزة اللاقطة . وضمن الطاقة الضوئية تدخل طاقة ضخمة هي الطاقة الشمسية . بيد أننا يجب أن نأخذ بعين الاعتبار كلفة مجموعة الأجهزة المستعملة للحصول على « بطارية شمسية » ذات فعالية . ومما يُلاحظ أن استعمال مثل هذه البطارية يكون مُلزماً حيث يتعذر نقل الكهرباء بواسطة أسلاك أو بطاريات عادية ، إنْ لم يكن مستحيلاً . ونذكر على سبيل المثال الاتصالات اللاسلكية بأماكن من الصعب الوصول اليها ، أضف الى ذلك المجال الفضائي حيث تُجهَّز الأقمار الاصطناعية ببطاريات شمسية تكون معرضة للشمس وتعمل بشكل منتظم ودائم طالما لم تُتلف بالرُجُم (meteorites) .

وسنعطي فيما يلي وصفاً لعدة أجهزة نستطيع أن نصنفها في ثلاثة نماذج أساسية :

أ — الأجهزة الفلطائية الضوئية (photoveltaic) أو البطاريات الضوئية حيث يُولِّد الضوء تأثيراً كهرضوئياً داخلياً .

ب ــ الأجهزة الكهرحرارية (thermoelectric) أو البطاريات الحرارية حيث يُولِّد التيار الكهربائي بواسطة ارتفاع درجة الحرارة .

ج ــ الأجهزة الترميونية أو الأيونية الحرارية (thermionic) حيث تستطيع الطاقة الملتقطة احداث ظاهرة (phenomenon) شبيهة بتلك التي تُستعمل في الصمامات الالكترونية (electronic tubes) .

بما أن النموذجين (أ) و(ب) يحويان أجساماً شبه مُوَصِّلة (semiconductors) . لذلك وجدنا من الضروري أن نُذكِّر بالخصائص الأساسية لهذه الأجسام .

الأجسام شبه الموصِّلة :

يقع شبه الموصل أو نصف الموصل . كما يدل اسمه . بين المعادن ذات التوصيلية (Conductibility) المرتفعة جداً وبين الأجسام العازلة (insulators) . ولشبه الموصل بنية بلورية (crystal structure) مما يعني أن الذرات تكون مرتبطة ببعضها بألكترونات الطبقة أو الغلاف الخارجي (external shell) أي الكترونات التكافؤ (electrons of valence) . وعند درجة الصفر المطلق (absolute zero) يكون الكل المنسجم (ensemble) في حالة توازن وبالتالي لا توجد الكترونات حرة (free electrons) . ومن المعروف أن التوصيلية الكهربائية ناتجة عن وجود الكترونات حرة تُحرِّك بواسطة مجال كهربائي (electric field) . فعند درجة الصفر المطلق . يُعتبر شبه الموصل عازلاً كاملاً . أما عند درجة الحرارة العادية أو تحت تأثير اشعاع .

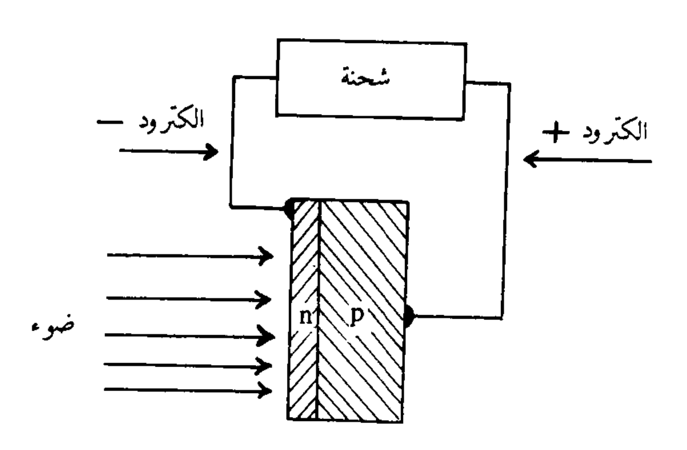
فإنه من الممكن فك الارتباطات (liaisons) مما يُحرر عدداً من الالكترونات وهذا ما يترك اماكن خالية في الشبكية.(lattice) تُسمى فجوات (holes) نعطيها رمزياً شحنة موجبة . وتتحرك الالكترونات في الشبكية الى أن تلتقطها ذرات غير كاملة فتملأ (fill) عند ذلك الفجوات . وفي بلور نقي (pure) يكون عدد الألكترونات والفجوات متساوياً مما يجعل اعادة الاتحاد (recombination) متكرر الحدوث (frequent) وبالتالي تبقى التوصيلية في هذا البلور ضعيفة .

لنفرض الآن أننا ادخلنا في البلور ، بطريقة ما ، كمية صغيرة من جسم آخر (البورون B ، الالومنيوم Al ، الزرنيخ As ....) نسميها شائبة (impurity) . فإذا كان تكافؤها (valence) أكبر من تكافوء البلور فإننا نحصل على فائض (exess) من الإلكترونات مما يعطي البلور توصيلية مرتفعة جداً . وفي هذه الحال يصبح شبه الموصل من طراز سالب (n) (negative) . أما اذا كان تكافؤ الشائبة أصغر من تكافؤ البلور ، فإننا نحصل على فائض من الفجوات ويصبح البلور من طراز موجب (P) (positive) .

وأخيراً ندعو مَوْصِلاً (junction) في بلور منطقةً رقيقة حيث تنتقل التوصيلة من طراز p الى طراز n .

البطاريات الضوئية الشمسية :

تشكل البطاريات الشمسية تطبيقاً للتأثير الفلطائي الضوئي الذي يظهر عندما نمتص الضوء بواسطة مَوْصِل . فالشكل (١) يمثل خلية شمسية



شكل ١ — رسم لبطارية شمسية تستخدم السيلكون

تستخدم السيلكون (Silicon Si) ، وهي مؤلفة من صفيحة رقيقة من السيلكون من طراز (p) مثلاً ، سماكتها بعض أعشار الملم وعلى سطحها أحدث بواسطة الانتشار (diffusion) طبقة من طراز (n) . ويتم الاتصال بأحد اوجه الصفيحة بهبوط منخفض في الجهد (potentiel drop) . في حين يُعرِّض الوجه الآخر للضوء الذي نريد أن نحوِّل طاقته الى طاقة كهربائية .

لنفرض أننا سلطنا على الخلية ضوءاً يحوي فوتونات (photons) طاقة كل منها (u) أكبر من تلك التي تلزم لاستخراج الكترون من المعدن المستخدم . والتي نرمز اليها بـ (ΔE) عند ذلك تنتقل مجموعة من الإلكترونات من نطاق (band) التكافوء الى نطاق التوصيل (Conduction) تاركة بذلك فجوات خالية وبالتالي تتكون ازواج الكترونات — فجوات . وبواسطة الانتشار وأخيراً تحت تأثير المجال ، تنتقل الإلكترونات والفجوات في البلور . واذا استطاعت بعض الإلكترونات

الوصول الى حد غلاف الانتقال (transition) ، فإنها تخضع للمجال الكهربائي الذي يسود هناك وتدخل بالتالي منطقة تحوي في غالبيتها الكترونات مماثلة . وبالعكس ، فإن نفس هذا المجال الكهربائي يوقف الفجوات في المنطقة التي حُرِّرتْ فيها . وينتج عن هذا أن التأثير الكهرضوئي يعطي تياراً يسري من (n) باتجاه (p) أي حسب العرف المألوف .

لنفرض أولاً أننا وصلنا طرفيْ توصيل (terminal) الخلية بدائرة قصر (short–ciruit) .

اذا كان (F) دفق (flux) الفوتونات الممتصة واذا كانت الحاملات (الكترونات وفجوات) المحررة قد جُمعتْ بالموْصِل ، فإن شدة

التيار (intensity of the current) تكون :

$$i_F = -eF$$

حيث يرمز (e) الى شحنة الإلكترون .

ولكن في الحقيقة لم تُمتص جميع الفوتونات لأن قسماً منها قد فُقِدَ بانعكاس (reflection) أو غيره . زد على ذلك أن كل الحاملات المولِّدة لا تستطيع أن تصل الى الموْصِل ، وبالتالي فإن شدة التيار الحقيقي تكون :

$$(i_F = - e\, \theta\, K\, F)$$

حيث يرمز (θ) الى عامل نقل (transmission factor) سطح الخلية و (K) يُسمى فعَّالية التجميع (efficacy of the collection) .

ولكننا عملياً لا نصل طرفيْ توصيل الخلية بدائرة قصر . والاَّ أصبحت القدرة (power) معدومة . لندع الخلية تعطي تياراً في شحنة تمثلها بمقاومة (resistance) ، عندئذ يظهر جهد (tension) معين . فلو

زدنا قيمة الشحنة فإننا نلاحظ أن الجهد يزيد بسرعة في بادىء الأمر ثم ببطء وما يلبث أن يجنح الى حد يوافق شحنة غير محدودة (infinite) وبالتالي تصبح القدرة معدومة .

لنعد الآن الى اشتغال البطارية الضوئية حينما نسلط عليها الأشعة الشمسية . اننا نَعْرِفُ توزيع طاقة الشمس الملتقطة في مكان معين . هذه الطاقة تُقاس بالواط (watt) بالنسبة للسنتم المربع ووحدة الطول الموجي (λ wavelength) . ولكن يجب أن نعرف هذا التوزيع بالنسبة لعدد النوتونات على السنتم المربع لأن كل فوتون يحمل طاقة تساوي :

$$(u = h \nu = h \frac{c}{\lambda})$$

حيث :

— (h) يرمز الى ثابت بلانك (Planck's constant) الذي يساوي (٦.٦٢ × ١٠ $^{-٣٤}$) جول × ثانية .

— (V) يرمز الى تردُّد أو مقدار ذبذبة (frequency) الضوء .

— (c) يرمز الى سرعـــــــة الضوء في الفراغ والتي تساوي (٣٠٠ ٠٠٠)كلم في الثانية .

— (λ) يرمز الى الطول الموجي .

لنفرض . مؤقتـاً ، أن خسارة الطـاقـة بـالانعكـاس والنقـل (transmission) يمكن اهمالها وأن جميع الفوتونات ، التي طاقتها أكبر من تلك التي تلزم لاستخراج الإلكترونات من المعدن ، تعطي أزواج الكترونات — فجوات وأن جميع الحاملات تساهم في خلق التيار الكهرضوئي . عندئذ تساوي كثافة التيار (J_E) (current

density) أي شدته بالنسبة لوحدة مساحة الخلية المضاءة :

$$(J_E = e \int_{\Delta E}^{\infty} \frac{dE}{d\mu} \, d\mu)$$

حيث : $dE = dE_\lambda$

يرمز الى الطاقة الملتقطة في نطاق الطول الموجي ($d\lambda$ ، E) تُحدد بالنسبة لوحدة المساحة و(ΔE) ، كما ذكرنا ، الطاقة اللازمة للإلكترون لكي ينتقل من نطاق التكافوء الى نطاق التوصيل .

كما فعلنا بالنسبة للشدة (i_F) المحددة سابقاً ، يجب أن نأخذ بعين الاعتبار فعالية التجميع (K) فتصبح بالتالي كثافة التيار :

$$(j_E = k\, J_E)$$

لنذكر ، من ناحية أخرى ، أن الفوتونات التي طاقتها أكبر من (ΔE) هي وحدها الممتصة بالخلية في حين أن التي طاقتها تتراوح

بين صفر و (ΔE) لا يكون لها أي تأثير كهرضوئي . ولنضف أن الفوتون الذي طاقته (μ) أكبر من (ΔE) يعطي للإلكترون ، الذي ينقله من نطاق التكافوء الى نطاق التوصيل ، طاقةً تساوي

$$(\mu - \Delta E)$$

تظهر بشكل طاقة حركية (Kinetic energy) ما يلبث أن يفقدها الإلكترون بسبب الاصطدامات ، مما يُحدث ارتفاع درجة حرارة البلور . وهكذا تكون القدرة الكلية (total power) الملتقطة :

$$(\int_{0}^{\infty} \mu \frac{dE}{d\mu} \, d\mu)$$

في حين تكون القدرة الملتقطة بشكل ازواج (pairs)

$$\left(\Delta E \int_{\Delta E}^{\infty} \frac{dE}{du} \, du \right)$$

وهذا ما يسمح لنا بتحديد كفاية أو مردود (efficiency) النقل :

$$\left(H = \frac{\Delta E \int_{\Delta E}^{\infty} \frac{dE}{du} \, du}{\int_{0}^{\infty} u \frac{dE}{du} \, du} \right)$$

هذه الكفاية تكون عظمى (maximum) اذا بقيت (ΔE) ضمن حدود :

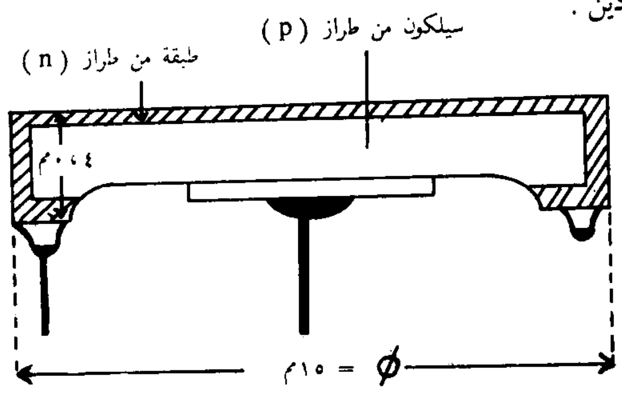
$$(1\,e\,v < \Delta E < 1{,}2\,e\,v)$$

وهذا ما يبرر استعمال السيلكون ($\Delta E = 1{,}09\,e\,v$) في كثير من الخلايا الشمسية .

البطاريات الضوئية الشمسية :

سنعطي فيما يلي وصفاً للبطاريات الضوئية التي تستخدم السيلكون والتي تعتبر حالياً الأفضل . هذه البطاريات تحوي قضيباً اسطوانياً من السيلكون (انظر الشكل ٢) أضيفتْ اليه شوائب (impurity) للحصول على شبه موصل من طراز (p) مثلاً وقد قُطِّع القضيب الى صفائح رقيقة . ومن ثم وُضعت الصفائح في فرن درجة حرارته مرتفعة وأرسل عليها تيار من اندريد الفسفور (P_2O_5) للحصول على طبقة من طراز (n) . ولكننا نحصل على طبقة سميكة مما يلزم تخفيض سماكتها لزيادة فعالية التجميع ، وفي نفس

الوقت علينا أن نأخذ بعين الاعتبار ارتفاع المقاومة عند تخفيض السماكة ، عملياً سماكة (٠,٦) ميكرون تكون كافية لاعطاء بطارية توفق بين الشرطين المضادين .

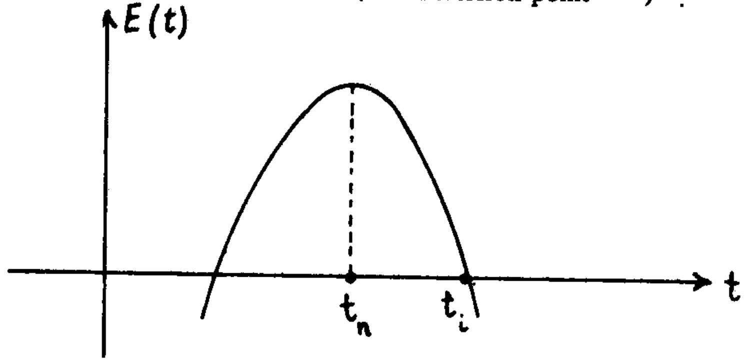


شكل ٢ — رسم لبطارية شمسية تستخدم السيلكون

البطاريات الحرارية الشمسية :

نحصل بهذه البطاريات على الطاقة الكهربائية بواسطة ارتفاع الحرارة في الجهـاز اللاقط ، وهـذا مـا يُسمَّى التـأثير الكهربـائي الحراري (photoelectric effect) المعروف من زمن سيبيك (Seebeck) عام (١٨٢٢) وبلتيه (Peltier) عام (١٨٣٤) . لنأخذ سلسلة مؤلفة من معدنين اختيارهما مناسب (حديد ونحاس مثلاً) ولنلحمها بنقطتـين . عندما نجعل درجتيْ حرارة النقطتين مختلفتين ، فإننا نخلق بذلك فرق جهد بين النقطتين ونحصل بالتالي على ما يُسمَّى مُزدَوجَة حرارية (thermo - couple) . لنفرض أن درجة حرارة اللحام البارد (t_0) تبقى ثابتة ولنغير درجة حرارة اللحام الحار (t) . التجربة تبين أن فرق الجهد (t) (E) بين النقطتين هو تقريباً قطعي متكافىء (Parabolic) كما يدل

الشكل (٣) ، كما أن هذا الفرق يمر بنهاية عظمى (maximum) عند درجـــة حرارة (tn) تسمى نقطـــة التعـــادل أو العطـــالـــة (neutral point) ويصبح معدوماً عند درجة حرارة ti تسمى نقطة الانقلاب (inversion point) .



شكل ٣ ـــ تغير فرق الجهد مع درجة الحرارة في مزدوجة حرارية

لنفرض الآن أننا فصلنا عنصريْ المزدوجة الحرارية لنصلهما بجسر معدني . التجربة تثبت أنه لو كانت درجتا حرارة نقطتي المزدوجة متساويتين ، فإننا نحصل على نفس فرق الجهد فيما لو كانتا متصلتين فيما بينهما (أي بدون واسطة الجسر المعدني) . هذه النتيجة تعرف بقانون المعادن المتوسطة (intermediate metals) . المهم في البطاريات الشمسية أنه يسمح بوضع صفيحة بشكل جسر بين نقطتي اللحام مما يتيح الحصول على طاقة أفضل ، وهكذا نستطيع أن نجمع عدداً من الخلايا الحرارية لتكوين بطارية ذات فعالية .

لنذكر أخيراً أن فكرة استخدام البطاريات الحرارية للاستفادة من

الطاقة الشمسية قديمة ، ولكن بظهور الأجسام شبه الموصلة أمكن تحقيق بطاريات حرارية ذات مردود مناسب .

الأجهزة الترميونية أو الأيونية الحرارية :

هذه الأجهزة تستخدم ظاهرة اديسون (Edison effect) أي إنبعاث الكترونات من معدن ساخن . لنوضح ذلك بعض الشيء . المعروف أن الذرة تتكون من نواة موجبة التكهرب تدور حولها إلكترونات سالبة في مدارات مختلفة ، وان الإلكترونات التي تدور في المدارات الخارجية للمعادن تؤثر عليها النواة بقوة جذب ضعيفة جداً تكون في بعض الأحيان غير كافية لحفظها في مدارها الخارجي . فتترك مداراتها احياناً وتنتقل بين الذرات في حركة غير منتظمة . ولقد أطلق على مثل هذه الإلكترونات اسم إلكترونات حرة . وتترك بعض الإلكترونات الحرة أحياناً سطح المعدن . وحيث أن المعدن في الأصل يكون متعادل الشحنة ، تتكون عليه شحنة موجبة مساوية لشحنة الإلكترونات السالبة التي تركته . فيجذب سطح المعدن هذه الإلكترونات السالبة وترتد اليه ثانية . أما اذا اعطيت هذه الإلكترونات مقداراً معيناً من الطاقة فانها تتغلب على قوة جذب السطح وتتخلص منه . وقد تكون هذه الطاقة على شكل طاقة حرارية ، وذلك بتسخين سلك معدني مثلاً عند مرور التيار الكهربائي فيه . في هذه الحالة تنبعث من السلك إلكترونات يزداد عددها كلما ازدادت درجة حرارة السلك .

لنأخذ الآن معدناً ساخناً على درجة حرارة (T) . فلكي نستخرج منه الكتروناً ، تلزمنا طاقة تساوي (eV) (V يرمز الى الجهد اللازم لاستخراج الإلكترونات) . وينشأ من هذا الانبعاث الإلكتروني تيار تساوي

كثافته

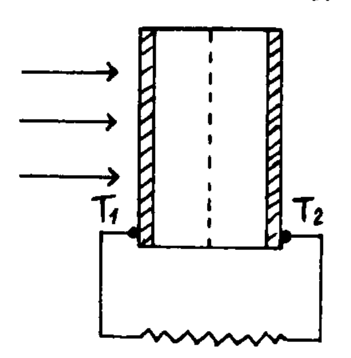
$$(J = AT^2 e^{-V/KT})$$

حيث (A) و (K). هما ثابتان .

لننظر الى الجهاز اللاقط الترميوني الممثل بالشكل (٤) انه يستقبل على أحد وجهيه حرارة مرتفعة ، ثم يعيدها الى الوجه الآخر بعد أن يُخفض درجة حرارتها ، محدثاً بذلك فرق جهد بين الوجهين يساوي :

$$(U = V_A - V_{AB} - V_B)$$

حيث يرمز (V_A) الى الجهد اللازم لاستخراج الكترون من الوجه الأول ، (V_B) ، من الوجه الثاني و (V_{AB}) هبوط الجهد في الفسحة الكائنة بين الوجهين .



شكل ٤ — رسم لجهاز لاقط ترميوني

وعن فرق الجهد (U) ينبعث دفق من الإلكترونات مما يحدث تياراً كهربائياً في الشحنة الخارجية (التي نمثلها على الشكل ٤ بمقاومة) . والوجه الساخن يكون المُرْسِل (emitter) ، والوجه الأقل سخونة المُجمعَ الذي يجب تبريده بطريقة مناسبة . أما التيار الناتج فإنه يتوقف على نوعية المرسل التي تُكيِّفُ (Condition) كمية الإلكترونات المرسلة ، وعلى

سهولة مرور هذه الإلكترونات في الفسحة الموجودة بين المسريين (electrodes) . ولهذه الغاية ، هناك فكرة ترك الفسحة فارغة كما يحدث في الصمام الثنائي (diode) . ولكن في هذا الأخير ، يساعد فرق الجهد الخارجي الإلكترونات على الوصول الى المصْعَد (الأنود) ، في حين أنه في الجهاز الترميوني ، يُخلق في الفسحة تكديسُ (accumulation) إلكترونات مما يمنع مرور التيار . وقد أخذتْ هذه النقطة بعين الاعتبار في صنع المحولات (convertors) الترميونية إذْ قُللت فسحة الفراغ الى عدة ميكرونات . ومن الواضح أننا سنصطدم ، في هذه الحال ، بعدة عقبات تقنية (technological) . لهذا أخذ اتجاه آخر في هذا الميدان وهو ابطال فعل الشحنة (neutralization) في فسحة المسريين . وللوصول الى هذا الهدف ، وُضع في الفسحة غازٌ يتأين (ionize) بسهولة عند ملامسة السطح الساخن ، فالأيونات الموجبة المحدثة بهذه الطريقة تعادل في مجملها شحنة الفسحة السالبة وتسمح بالتالي الوصول الى فاصل (interval) بين المسريين يساوي عدة أعشار من المليمتر . ويستعمل غالباً كغاز بخارُ السيزيوم (Cesium : Cs) الذي يتأين بسهولة كما أن له مَزِيَّة أخرى سنحاول ايضاحها . من المعروف أن جميع الأجسام ليست لها نفس سهولة ارسال إلكترونات على درجة حرارة معينة ، كما أن بعضها يستطيع احتمال درجات حرارة مرتفعة أكثر من البعض الآخر . وان أفضل الأجسام المرسِلَة مكونة من مزيج (mixture) من الأكسيدات مثل اوكسيد الباريوم (Barium : Ba) أو أوكسيد السترنتيوم (Strontium : Sr) على درجة حرارة (١٢٠٠) مئوية ، وأن قدرة انبعاثية (emissivity) هذه الأجسام تسمح باعطاء تيار ، في المحولات الترميونية وفي حالة الفراغ ، كثافته تساوي (٥) امبير/سم^{٢} . وأن معدناً كالتنجستن (Tungsten : W) يبعث إلكترونات أقل على نفس درجة الحرارة ولكنه يستطيع أن يتحمل درجة

حرارة أكثر من (٢٠٠٠) مئوية . وهنا تظهر مزية بخار السيزيوم لأن وجوده يُخفِّض من طاقة استخراج الكترونات التنجستن مما يزيد كثيراً من قدرة انبعاثيته . وهكذا نحصل ، على درجة حرارة (٢٠٠٠) مئوية ، على تيار تساوي شدته (١٠٠) امبير/سم٢ .

الانتفاع من البطاريات الشمسية :

بالرغم من الآمال المتوخاة من استخدام البطاريات الحرارية ، والأجهزة الترميونية ، تبقى الخلايا الفلطائية الضوئية ، في الوقت الحاضر ، الأكثر استثماراً . ففي اليابان مثلاً ، استخدمت ، ابتداء من عام (١٩٦٠) البطاريات الشمسية في عدد كبير من المنشآت . لنذكر على سبيل المثال تغذية المنارات (lighthouses) ذات القدرة القليلة (بعض عشرات من الواط) الواقعة في اماكن من الصعب الوصول اليها ، أو تغذية المُرحِّل (relay) ذي التردد العالي (high frequency) المستعمل في الإتصالات اللاسلكية . ولنذَّكر أخيراً باستخدام البطاريات الشمسية في تغذية المركبات الفضائية بالطاقة اللازمة لمدة طويلة .

تطبيقات الحرارة الشمسيَّة



التسخين الشمسي للمياه

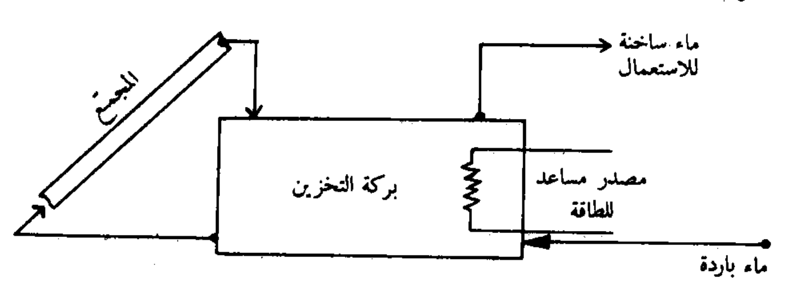
لا ريب في أن التسخين الشمسي للمياه هو في الوقت الحاضر أكثر تطبيقات الطاقة الشمسية إستعمالاً وخاصة في اليابان وأوستراليا حيث تستعمل هذه الوسيلة في مئات الألوف من المنازل .

وسنرى في هذا القسم بعض التصاميم المبسطة لتسخين المياه بواسطة الشمس ، الا أن هذه التصاميم تشترك جميعها في عيب واحد : إن المياه معرّضة لأن تتحول الى جليد في الليالي الباردة .

هذا العيب يبلغ درجة من الخطورة في البلدان البعيدة عن خط الاستواء ، وحتى في بعض المناطق من بعض الدول العربية التي تعرف درجات عالية من صقيع الشتاء . يجدر التحسب لهذا الأمر بإفراغ الخزانات من المياه عند توقع ليلة باردة . وقد قامت بعض التجارب في اليابان وفي جنوب فرنسا لتلافي هذه المشكلة وتوصلت الى نتائج ناجحة أبسطها اضافة بعض المحاليل الى المياه بحيث تصبح درجة تجمّدها أدنى من درجة تجمّد المياه العادية .

إن العناصر الأساسية في المسخّن الشمسي للمياه ، في صورته الأبسط ، هي « مجمّع » الأشعة الشمسية ذو الشكل المسطح وبركة

التخزين . يضاف الى هذين العنصرين الأساسيين مصدر مساعد للطاقة (عند الحاجة) ووسائل لتحريك المياه ووسيلة للمراقبة ، نعطي فيما يلي صورة مبسّطة لهذا المسخّن .



تصميم مبسط للمسخن الشمسي

بوضع الخزان ، في هذا التصميم ، في مكان أعلى من المكان الذي وضع فيه جامع الأشعة المجمّع . تسيل المياه الساخنة بشكل طبيعي الى أعلى كلما زادت أشعة الشمس من حرارة المياه التي تمر في قاعدة «المجمّع» ، ويمكن الاستعانة على السيولة الطبيعية باستعمال مضخة لدفع الماء .

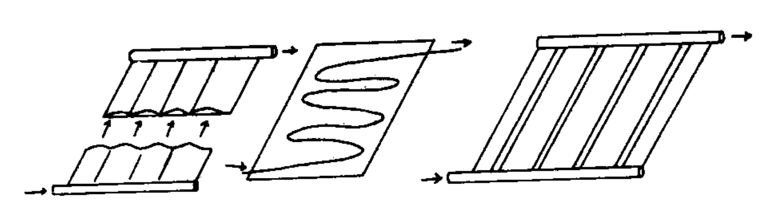
في هذه الحالة يستحسن الاستعانة بوسيلة للمراقبة . هذه الوسيلة هي عبارة عن قياس لحرارة الماء في قعر الخزان البارد وفي طرف المجمّع الأعلى الساخن ، بحيث تبقى الأمور كما ذكرنا أعلاه ما دام التسخين مستمراً ، وبحيث تقطع المياه بين قعر الخزان وبين المجمّع في حال انعدام الفرن الحراري بين النقتطين المشار اليهما .

ينتشر استعمال هذا المسخّن في أوستراليا واليابان وفي فلسطين المحتلّة ، حيث أقيمت صناعات صغيرة لصنعه وتسويقه .

المجمّع والخزان :

يتألف المجمّع من أنابيب تسيل فيها المياه ممتدة فوق لوحة مبسطة وفق

الأشكال المعطاة في الصورة المرفقة . أما اللوحة المبسطة فتصنع عادة من مواد قادرة على امتصاص حرارة الشمس كالحديد المطلي بطلاء أسود . مساحة اللوحة الواحدة تبقى في حدود المتر المربع الواحد ، ويمكن استعمال العدد المناسب من المجمّعات للخزان الواحد .



نماذج لاستعمال الأنابيب فوق اللوحة المبسطة

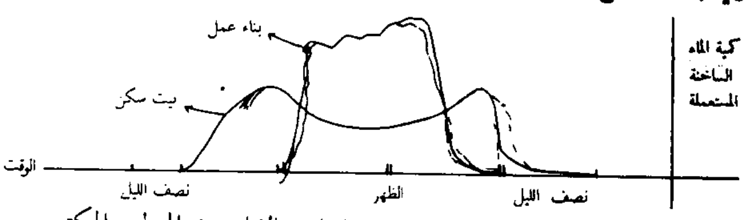
يستحسن حفظ الحرارة في مياه الخزان بواسطة صفائح تحفظ جوانبه وتغطيه .

إن المجمع الأمثل للمسخن الشمسي يبقى عرضة لعدد من الاعتبارات : كمية المياه الساخنة المطلوبة للاستعمال ، الكلفة المحدّدة للإنفاق ، طريقة توجيه المجمّع نحو الشمس ، الطقس ، درجة حرارة المياه الباردة الواردة الى المسخّن .

في اوستراليا مثلاً ، صمم المسخّن العادي للاستعمال المنزلي على الأسس التالية : الحصول على مياه ساخنة الى (٦٥) درجة مئوية ، تأمين كمية من المياه تبلغ (٤٥) ليتراً للشخص الواحد في اليوم الواحد ، واستعمال خزان يتسع لحوالي ثلاثة أضعاف الكمية المقدرة للاستعمال اليومي . وقد وضعت هذه الأسس لمنطقة مشمسة بشكل شبه دائم .

وعلى هذا فإن مساحة المجمّع المقدّر لعائلة من أربعة أشخاص ، تبلغ (٤) أمتار مربّعة .

ومن البديهي أن حجم المسخنّ الشمسي يختلف باختلاف البناء . فاستعماله في بيوت السكن لا يتطابق تماماً مع استعماله في أبنية العمل . ففي بيت السكن تشتد الحاجة الى المياه الساخنة في ساعات الصباح والمساء . بينما تبلغ أقصى الحاجة لهذه المياه في بناء العمل في نهاية الصباح أو عند الظهر ، أو في فترة العصر ، وذلك حسب دوام العمل . وفي البيان الإيضاحي التالي مثل عن تطور الحاجة الى الماء الساخنة في بيت للسكن وفي بناء للعمل .



فرق الاستعمال للمياه الساخنة عبر ساعات النهار بين المنزل والمكتب

نضيف الى ذلك أن تركيز الحاجة الى المياه الساخنة في ساعات قليلة من النهار في بناء العمل ، يتطلب اجمالاً مصدراً اضافياً للطاقة لتلبية الحاجة .

المصدر الإضافي للطاقة :

رأينا في الفقرة السابقة مثلاً عن الحاجة الى مصدر إضافي للطاقة . اذ في بناء للعمل تشتد الحاجة الى المياه الساخنة في ساعات محددة من النهار دون غيرها .

ولكن الحاجة الى المصدر الإضافي قد تظهر بالنسبة لبيوت السكن العادية أيضاً . ذلك أن تقلبات الطقس قد تعطّل المردود الحراري المرغوب فيه عن المسخّن الشمسي . وقد عمدت معظم التجارب المعروفة في هذا

الميدان الى الاستعانة بهذا المصدر الإضافي للطاقة وراقبت الحاجة الى ذلك على مدار السنة .

يمكن الحصول على الطاقة الإضافية بثلاث وسائل :

الوسيلة الأولى : إضافة الطاقة على الخزان كما أشرنا الى ذلك سابقاً .

الوسيلة الثانية : إدخال مسخّن إضافي (غير شمسي) عند خروج الماء من الخزان للاستعمال .

الوسيلة الثالثة : إضافة الطاقة على الماء القادمة الى الخزان .

وبمقارنة مردود كل من هذه الوسائل في ظروف متشابهة ، تبيّن أن فعالية الوسيلة الثالثة تبقى دون الأولى والثانية بصورة اجمالية . نقدّم في الجدول التالي بعض الأمثلة من هذه المقارنة ، فتعطي كمية الطاقة الإضافية المستعملة بالنسبة الى مجموع الإستعمال :

حجم الخزان	ساعة النهار	الفصل	الوسيلة الأولى	الوسيلة الثانية
صغير	الظهر	صيف	٪١٧	٪١٦
صغير	الصباح	صيف	٪٣٤	٪٣٣
متوسط	الظهر	صيف	٪١٢	٪١١
متوسط	الصباح	صيف	٪٢٠	٪١٨
متوسط	الظهر	شتاء	٪١٦	٪١٥
متوسط	الصباح	شتاء	٪٢٦	٪٢٣
كبير	الظهر	صيف	٪٤٦	٪٤٤
كبير	الصباح	صيف	٪٥٣	٪٥١
كبير	الظهر	شتاء	٪٥٢	٪٥١
كبير	الصباح	شتاء	٪٦٠	٪٥٨

التدفئة بواسطة الشمس

إن تدفئة المنازل بواسطة الطاقة الشمسية تكاد تشابه في فكرتها الأساسية مبدأ تسخين المياه. فالحرارة تنقل الى داخل المنازل بواسطة اثنين: الماء أو الهواء، وسننظر في هذا الفصل في التدفئة الشمسية التي تستعمل إحدى هاتين الوسيلتين.

العناصر الأساسية للتدفئة هي: جامع الأشعة (المجمّع)، وحدة التخزين، جهة الإستعمال (المنزل أو البناء...) وأجهزة المراقبة. وفي البلدان ذات الطقس البارد، يجدر إضافة عنصر آخر هو مصدر الطاقة الإضافي. ويبقى أن تصميم وسائل التدفئة بحيث نحصل على أفضل الجدوى من الاستعمال المشترك للطاقة الشمسية والطاقة الإضافية التقليدية.

من أهم التجارب التي أجريت للتدفئة الشمسية أنجزت في نهاية الخمسينات في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في منطقة بوسطن (الولايات المتحدة). صممت التدفئة الشمسية لمنزل بحيث تؤمن ثلثي الحاجة للتدفئة في شتاء بوسطن البارد، تلت هذه التجربة تجارب عدة في اوستراليا وفرنسا والولايات المتحدة قدمت نماذج مختلفة لتدفئة البيوت بالطاقة الشمسية جزئياً أو كلياً.

يمكن ردّ جميع التجارب المشار اليها الى أربعة نماذج رئيسية:

النموذج (أ): إذا كانت الأشعة الشمسية متوافرة، والتدفئة ليست ضرورية ولا مستحبة، فيمكن للمجمّع أن يعمل لزيادة الحرارة المختزنة.

النموذج (ب): إذا كانت الأشعة الشمسية متوافرة، والتدفئة مرغوبة، يمكن للمجمع أن يعمل لسدّ حاجة المنزل الى الدفء.

النموذج (جـ): إذا كانت أشعة الشمس غير متوافرة، والتدفئة ضرورية. يمكن في هذه الحالة استعمال الحرارة المختزنة لتلبية الحاجة.

النموذج (د) : إذا كانت أشعة الشمس غير متوافرة والتدفئة ضرورية دون أن يكون هناك حرارة مختزنة للاستعمال ، فلا مفرّ من اللجوء الى مصدر إضافي للطاقة لتأمين الحاجة الى الدفء .

يجدر الملاحظة ان هناك حالات تستوجب نماذج أخرى ، هي في التحليل الأخير ، خليط من هذه النماذج الأربعة .

تنطلق جميع هذه النماذج من الملاحظة البسيطة التالية : ان كل مسكن يملك مساحات واسعة معرضة للشمس كالواجهات أو السطوح .

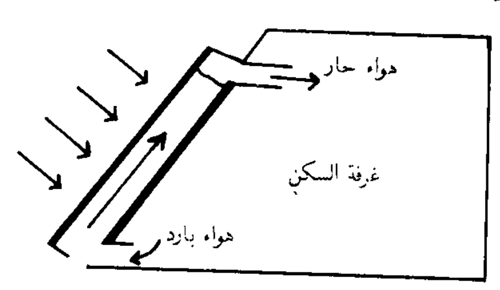
نستخلص من هذه الملاحظة أن بإمكاننا في معظم الحالات ، أي بالنسبة لمعظم المساكن . الحصول على كمية وافرة من الطاقة الشمسية بحسن استعمال الواجهة الجنوبية للمنزل ، أو باستعمال قسم مائل من السطح ، وبالتفكير في طريقة بناء ملائمة أي تحوي مساحات كافية معرضة للشمس .

نعطي على صعيد المثال الرقم التالي : إن شرفة منزل عادية معرضة للشمس في بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط تتلقى في الساعة الواحدة حوالي (١٠) كيلوواط في المتر المربع الواحد في فصل الصيف . وتتدنى هذه الكمية في فصل الشتاء الى حوالي (٣) كيلوواط .

المجمّعات الشمسية :

لقد رأينا فيما سبق بعض الأمثلة من المجمعات الشمسية . بالنسبة لتدفئة البيوت . كما هو الأمر بالنسبة لتسخين المياه . لا نحتاج الى مجمّع شمسي ذي قدرة تركيزية ، بل يمكن الإكتفاء بالمجمّع المسطّح وهو قليل الكلفة بالنسبة لغيره من النماذج .

المثل الأبسط لمجمّع مستعمل في تدفئة المنازل هو : يسخّن الهواء بالطريقة التالية :

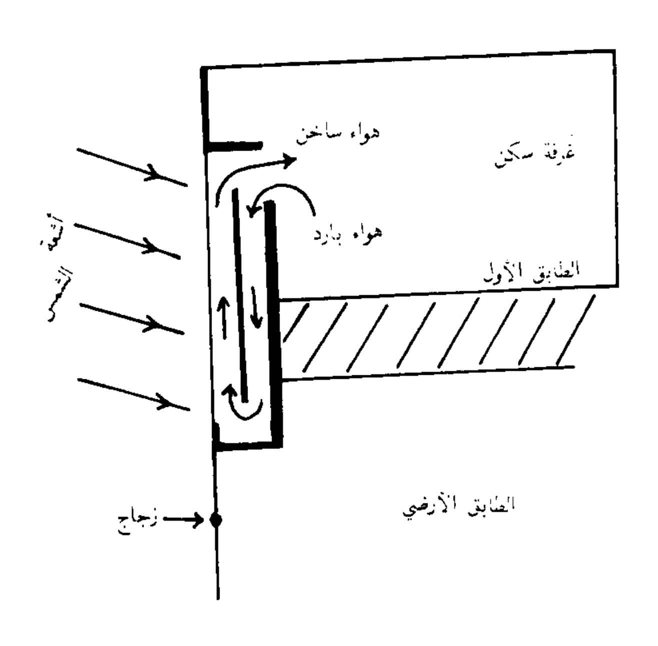


نترك في المجمّع فراغاً بين واجهة من الزجاج معرضة لأشعة الشمس ، ومسطح قاتم يساعد على ضغط الحرارة . إن الهواء الذي يعبر هذا المجمّع سيحمل شيئاً من حرارته ويتحوّل من هواء بارد الى هواء ساخن .

وإذا حرصنا على فتح فوهتين من المجمّع على الغرفة المراد تدفئتها ، فإن الهواء البارد سيكون دائماً نحو الأسفل . أما الهواء الساخن فسيتجه دائماً نحو الطبقات العليا . وهكذا فإن الهواء سيتسرّب دائماً الى المجمّع ويعبره الى أعلى ... مؤمناً بذلك الدفء التدريجي في الغرفة .

هذه الصورة البسيطة تشكو لسوء الحظ من عيب فاضح . فعند هبوط الليل سيفقد المجمع تدريجياً الحرارة التي يكون قد اختزنها خلال النهار ويبطل بالتالي المفعول الذي صمم من أجله .

وقد أجريت في جنوب فرنسا تجربة لتقديم حلّ لهذه المشكلة . فقد تمّ بناء منزل من طابقين ووضع المجمّع بحيث يغطّي جزء منه فقط . الغرفة المراد تدفئتها في الطابق الأعلى .



إن تصميم المجمّع بهذا الشكل سيؤدي الخدمة التالية : عند هبوط الظلام وفقدان حرارة الشمس . ستساهم برودة الليل بتبريد الهواء في تجويف المجمّع وخاصة في الجزء الأدنى منه . وبهذا نحافظ على الهواء الساخن الموجود في الغرفة والذي اكتسبناه بفضل شمس النهار. ذلك أن هواء الغرفة الساخن لن يستطيع في الليل عبور المجمّع . سيمنعه من ذلك وجود الهواء البارد في قعر المجمّع . وعلى ذلك فإن سريان الهواء من الغرفة الى المجمع فالغرفة سيتوقّف خلال الليل . ونحافظ بذلك على دفء الغرفة .

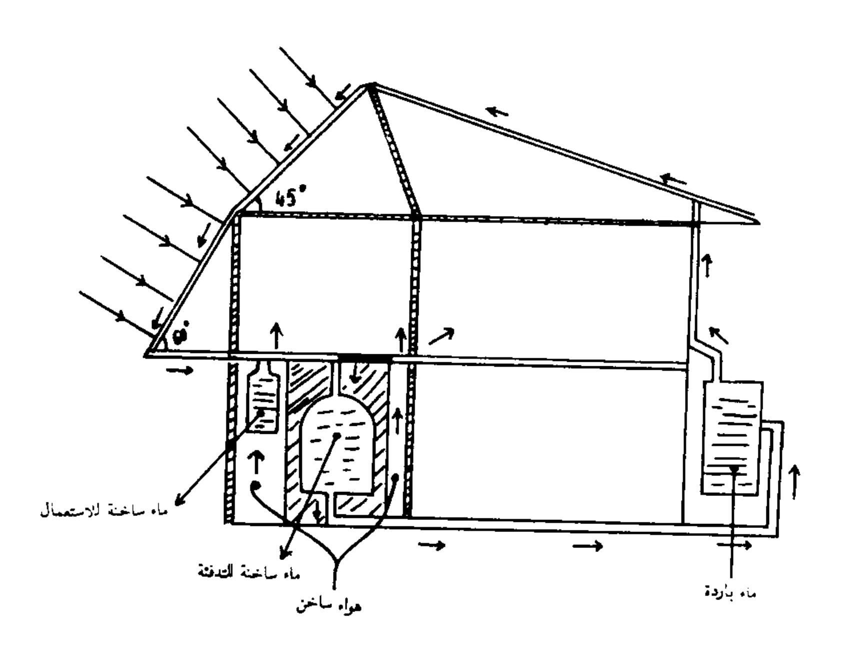
الى هذه الوسيلة هناك وسائل أخرى لمنع الدفء من التسرب في برودة الليل الى الخارج عبر الجدران الأخرى . وذلك بتزويد هذه الجدران بصفائح رقيقة عاكسة .

في الولايات المتحدة الأميركية واليابان أجريت تجارب أخرى للتدفئة تختلف عن الوسيلة التي استعرضناها . تستعيض هذه الوسائل عن الهواء

(لحمل الحرارة) بالماء . لاستعمال الماء فضيلة لا يعرفها استعمال الهواء . فالماء قادر على اختزان الحرارة أكثر من الهواء . كما أننا نستطيع باستعمال الماء « نقل » الحرارة من مكان الى آخر بسهولة ؛ يكفي من أجل ذلك جرّ المياه الساخنة بالأنابيب .

ولكن هذه الميّزة للماء على الهواء هي في نفس الوقت مصدر نفقات إضافية وتعقيدات إضافية . فنحن في هذه الحالة محتاجون الى الأنابيب ، والى خزان والى مضخّات ... والى صيانة لكل هذا .

نقدّم فيما يلي نموذجاً لمنزل يستعمل المياه بدل الهواء في نقل حرارة الشمس . يدعى هذا المنزل « منزل واشنطن » ، وهو مستعمل الى حدّ ضيّق في اليابان والى حدٍ أضيق في الولايات المتحدة الأميركية .



يعتمد مبدأ التدفئة في هذا المنزل على ارسال الماء من خزان للماء البارد ترسل منه المياه (بواسطة مضخة) الى المجمّع فتسيل خلاله وتكتسب منه حرارة الشمس. يسيل هنا الماء الساخن الى خزانين خاصين: الأول وسعته (١٥٠) ليتراً للإستعمال المباشر، والآخر وسعته ألف ليتر فيستعمل للتدفئة. يحاط هذا الخزان الأخير بكمية كبيرة من الحجارة (٥ أطنان) التي تكتسب الحرارة من هذا الخزان وتنقلها الى غرفة ملاصقة يسري فيها الهواء. يكتسب الهواء بدوره الحرارة من الحجارة، ثم يرسل الهواء (بواسطة مضخة خاصة) نحو الغرف، في حين يمكن اعادة المياه التي تبرد في الخزان الكبير الى خزان المياه الباردة (خارج المنزل) لاستعمالها من جديد.

في الليالي الباردة، يعرف هذا المنزل نفس المشكلة التي تعرضنا لها سابقاً. وكان الحل الذي اعتمد فيه هو استعمال مصدر اضافي للطاقة، للحصول على الدفء وعلى الماء الساخن.

هناك عيب آخر في تصميم التدفئة هذا، هو وجوب الإستعانة بمضختين على الأقل، واحدة لتحريك المياه وايصالها الى سطح المنزل والأخرى لتحريك الهواء الساخن وايصاله الى الغرف. بمعنى آخر أننا بحاجة لكي نستفيد من الطاقة الشمسية في تدفئة البيت أن نستعين بطاقة اضافية (لتشغيل المضخات).

في محاولة للمقارنة بين هذين النموذجين للتدفئة (النموذج المستعمل للهواء والآخر المستعمل للماء)، يمكننا القول أن النموذج الأول يبقى أقلّ تجهيزاً وأدنى كلفة، كما أنه لا يحتاج الى صيانة خاصة ومستمرة.

التبريد بواسطة الشمس

من المفارقات الملفتة للنظر أن الشمس (وهي مصدر الدفء والحرارة) لا تتوفر في المناطق الباردة حيث تشتد الحاجة اليها؛ بينما تشع بوفرة في

البلاد الحارة حيث يشتد القيظ ويحلم الناس بالفيء والبرودة .

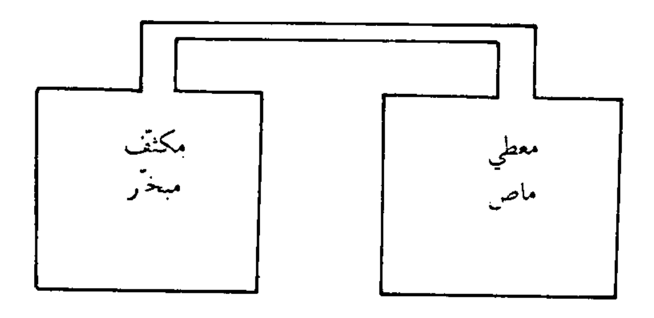
كيف يمكن للبلاد المشمسة أن تستغلّ طاقة الشمس في التبريد ؟

إن تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية لم تزل كما نعرف . عالية الكلفة . مستعصية على الاستعمال المنزلي وليس من الممكن بالتالي استعمالها في تكييف المنازل الحارة أو في تبريد المأكولات والحفاظ عليها .

لقد أجريت منذ سنوات عديدة . وما تزال . أبحاث علمية ترمي الى استخراج البرودة من مصدر حراري . وللقضاء على كل دهشة لمن لم يطلع على هذه الأبحاث . نقول ان هذه البحوث تعتمد جميعاً . في منطلقها . على الملاحظة التالية :

إن الماء قادر على امتصاص كميات كبيرة من غاز الأمونياك على حرارة منخفضة . وعلى اعادة هذا الغاز بفعل الحرارة المرتفعة . تفسيراً لذلك نوضح أن كمية معينة من الماء تمتص من غاز الأمونياك ما يبلغ حجمه (٩٠٠) مرة حجم الماء عندما تكون حرارة الماء صفراً . فإذا ما سخّنا الماء حتى الغليان (١٠٠ درجة مئوية) . فإنها ستتخلى عن كل ما امتصّته من الغاز المذكور .

ننطلق من هذه الملاحظة لنقدم صورة مبسطة عن تصميم جهاز للتبريد .



نسمي الوعاء الأول المعطي خلال التسخين ثم الماصّ خلال التبريد . أمّا الوعاء الثاني فيلعب في المرحلتين دور المكثّف ثم المبخّر .

يحوي المعطي السائل الغني . أي كمية من المياه امتصت كمية كبيرة من غاز الأمونياك . نسخّن الوعاء الأول فيتحرر الأمونياك من الماء ويتبخّر ثم يذهب الى الوعاء الثاني الذي نبرّده بوسيلة ما (بواسطة المياه الباردة مثلاً) فيكثّف بالتالي غاز الأمونياء .

نتوقف عن تسخين الوعاء الأول عندما تتحرر كامل كمية الأمونياك المذابة في الماء . نجد في هذه الحالة الأمونياك السائل في الوعاء الثاني ويبقى في الوعاء الأول السائل الفقير . أي الماء بدون الأمونياك .

في مرحلة ثانية يصبح السائل الفقير الموجود في الوعاء الأول بحاجة الى الأمونياك الموجود في الوعاء الثاني . استجابة الأمونياك لدعوة الماء تستلزم تبخّراً وبالتالي كمية من الحرارة . يستمدّ الأمونياك حاجته هذه من الحرارة المحيطة بالوعاء الثاني . ينتج عن ذلك بالتأكيد انخفاض في حرارة هذا المحيط وبالتالي البرودة المنشودة .

إن الأبحاث الجارية حول التبريد الشمسي تهدف الى الحصول على الثلج أو تبريد الأطعمة من جهة أو الى تكييف المنازل في البلدان الحارة أو في الفصول الحارة من جهة ثانية . وقد توصلت بعض البلدان كالولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي والبرازيل وفرنسا الى نتائج جيدة بالنسبة للتطبيقات الأولى (البراد) . في الوقت الذي ما تزال البحوث الجارية للتطبيقات الثانية (التكييف) بحاجة الى جهود أكبر .

نعطي في ما يلي وعلى سبيل المثال ، بعض النتائج في مجال التبريد :

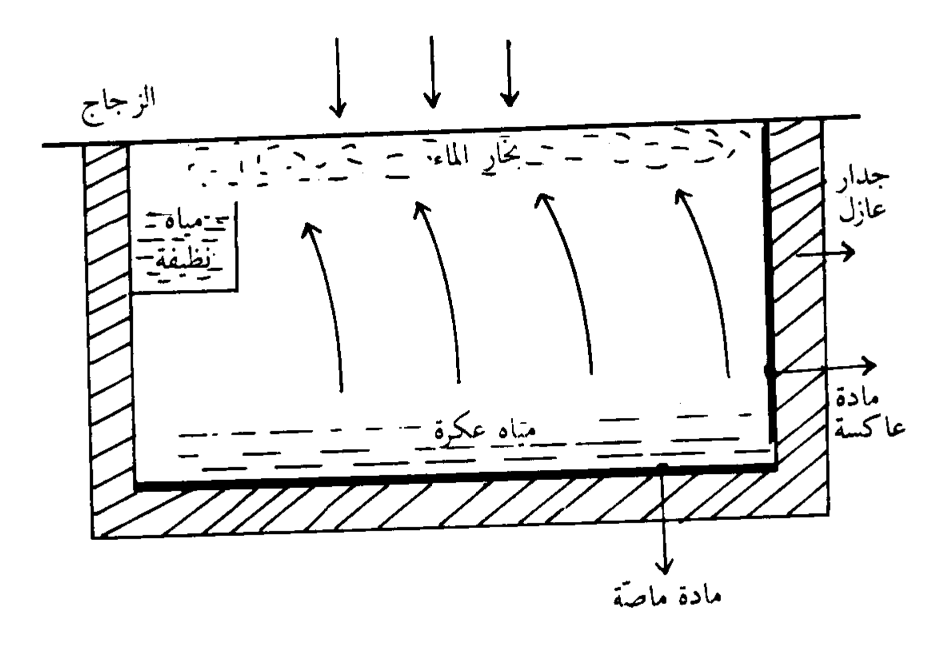
— في فرنسا (مونت لويس) استعمل مكثّف مساحته (١٨) متراً مربعاً وتوصلوا الى الحصول على (٣٠٠٠٠)كلغ من الثلج في العام الواحد .
— في الاتحاد السوفياتي (طشقند) . استعملت مرآة بشكل قطع متكافىء وتوصلوا في سنة (١٩٥٣) لإنتاج (٢٥٠)كلغ من الثلج في اليوم .

تقطير المياه العكرة

إن الحاجة الى تحلية مياه البحر مثلاً أو الى استخراج المياه النظيفة من مياه عكرة . تشكل مشكلة رئيسية في معظم المناطق القاحلة أو البوادي . وقد أجريت بعض التجارب الناجحة . وخاصة بالنسبة للمياه العكرة وذلك للحصول على مياه صالحة للري . أما بالنسبة لمياه الشفة . فإن المجهود المطلوب ما يزال كبيراً .

إن مبدأ تنقية المياه العكرة بواسطة الطاقة الشمسية يعتمد أصلاً على مبدأ الأمبيق المعروف . نعطي فيما يلي صورة مبسطة عن مقطّر المياه الشمسي .

نضع المياه العكرة في حوض ضحل وواسع . نسخن مياه الحوض بواسطة أشعة الشمس عبر زجاج عادي . تتبخر المياه ويرتفع البخار نحو الزجاج . وبما أن الزجاج يبقى أبرد من المياه . فإن البخار سيتحول الى سائل لدى ملامسة الزجاج ويسيل نحو وعاء خاص . نأخذ منه بالتالي المياه النظيفة .



يمكن تحسين مردود هذا المقطّر بالوسيلتين التاليتين :

— يغطّى قعر الحوض بمواد ماصّة للحرارة بحيث تستفيد المياه العكرة من أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس .
— تغطى الجوانب الداخلية للجدار بمواد عاكسة لأشعة الشمس بحيث تستفيد المياه العكرة من الأشعة الساقطة على الجدار . وبحيث تقل الخسارة الحرارية من أشعة الشمس الى أدنى حدّ .

وقد توصلت بعض التجارب (مضافاً اليها بعض التحسينات التفصيلية) الى الحصول على خمسة ليترات من المياه النقية لكل متر مربع من الزجاج . ومن الممكن وصف هذه النتيجة بالجيدة عندما نذكر أن الحاجة الأعظم لمقطّر كهذا تبدو ماسة في المناطق القاحلة كما ذكرنا . في مناطق كهذه . يمكن استعمال مساحات كبيرة من الأحواض (أو من

الزجاج) دون حرج . كما أن استهلاك الماء يبقى دون شك أقلّ بكثير من المناطق الخضراء المأهولة حيث لا حاجة فعليّة الى مقطّر كهذا حتى اليوم على الأقل.

في شمال التشيلي (لاس ساليناس) يعمل منذ سنة (١٩٥١) مقطّر كبير للمياه يزود مجموعة سكنية صغيرة من بيوت عمال المناجم الموجودة في تلك المنطقة. تبلغ مساحة الحوض (٤٤٠٠٠) متر مربع ينتج في اليوم الواحد (٢٤) متراً مكعباً من المياه النقية.

في الاتحاد السوفياتي (طشقند) استعمل مقطّر ذو نوعية عالية. فقد انطلق الباحثون هناك من الملاحظة التالية : إن الحرارة المستعملة في تسخين مياه الحوض العكرة هي حرارة مفقودة . وزيادة كمية المياه النقية يفترض زيادة عدد الأحواض . وبالتالي زيادة في الكلفة.

وفي محاولة للاستفادة من تلك الحرارة المهدورة توصلوا الى الحل التالي : بدل ارسال البخار نحو الزجاج حيث يتكثّف ويتحول الى سائل . يرسل هذا البخار الى وعاء خاص محاط بمياه عكرة باردة . فبدل أن يتكثّف البخار وتضيع حرارته في الهواء . يتكثّف وتذهب حرارته الى المياه العكرة المحيطة به . تكسب هذه المياه العكرة اذن حرارة البخار ونربح أمرين معاً :

— يتحول البخار الى مياه نقية .
— تبدأ العكرة هنا . هي أيضاً بالتبخر وتعمل كما في المقطّر البسيط العادي الذي قدّمناه في البداية .

يمكن الاستعانة بطبقات أخرى من هذا المقطّر المركب . وقد اكتفت تجربة طشقند بمقطّر من ثلاث طبقات فقط وتوصلت باستعمال مرآة (بشكل قطع متكافىء يبلغ قطرها عشرة أمتار) لإنتاج طن من المياه النقية في اليوم .

أبحاث الطاقة الشمسيّة : نظرة اقتصادية

الطاقة والطاقة الشمسية

لا يفهم بروز الطاقة الشمسية كمصدر حراري «مرغوب اجتماعياً» إلا اذا أخذنا بعين الاعتبار استراتيجيتين هما استراتيجية الدول واستراتيجية الشركات البترولية الكبيرة.

ان استراتيجية الشركات البترولية تسيطر منذ أوائل هذا القرن على قسم كبير من السوق. وبسبب هذا الاحتكار فانها تجابه أي مصدر طاقي وخصوصاً الطاقة الشمسية. أما استراتيجية الدول فانها أكثر تعقيداً لأنها تعكس اختيارات الجماعة المكونة لمجتمعنا. من بين هذه الاختيارات نعتبر أن «التأثيرات الخارجية» التي لا تراعي موجبات السوق هي واقعة فعلاً. ان نظرية «الاقتصاد المبرمج» التي ترتكز على فرضية كون الحل الاقتصادي الذي يأخذ بعين الاعتبار «المؤثرات الخارجية» لكي يتوصل الى مستوى مرموق ونظرية الضغط التي ترى في الدولة المدافع عن المصلحة العامة، هاتان النظريتان تشكلان الأساس في المتطلبات التي تظهر في السوق. لذلك فان «الربح والخسارة» بسبب الطاقة الشمسية وبقية المصادر الأخرى للطاقة يكونان واضحين عند التقييم التكنولوجي والعملي.

يصطدم اذاً تعديل التطور التكنولوجي الحالي الذي تفرضه تنمية الطاقة الشمسية بقرار السوق حيث لا يتم ابداً عن رضا بل بعزم الدول التي تقيّمه

بصعوبة . فقرار السوق لا يحد من التطور التكنولوجي بل بالعكس يفتح له المجال طالما انه يستطيع تحمل النتائج السلبية أو السيطرة عليها . انه بعيد كل البعد عن منع اعمال تكنولوجية جديدة ، بل يميل بالعكس ، بحكم جموده نحو تشجيع اتساعها الى ما فوق الحدود المرغوبة اجتماعياً . فتشكل هذه الأسباب عقبة أمام هذا الدعم الفعال الذي يصطدم بمعارضة الأوضاع القائمة .

لا تهتم الشركات البترولية من جهتها بتشجيع تنوع مصادر الطاقة بل بالعكس ، إن نزعتها الاحتكارية للقطاع الطاقي تقودها الى تفضيل المصدر المؤهل لتنمية التكنولوجيا الحديثة لجعل القوة النووية مسيطرة مع محاصرتها المصادر الهامة الأخرى بالوقت نفسه (كالنضيد الزفتي والفحم والحراري الجوفي) لكي تراقبها عن كثب .

ان تخفيض سعر كلفة الخلايا الفلطائية الضوئية (**Cellules photo-voltaiques**) هو سبب من أسباب جعل الطاقة الشمسية منافسة على مستوى عالٍ . لا نحصل على هذا التخفيض إلا بخلق سوق واسعة لهذه الخلايا بمبادرة اما من القطاع الخاص واما من الدول . فلا مصلحة اولوية اذاً عند الشركات البترولية بجعل الطاقة الشمسية منافسة لأن هذا لا ينسجم مع روح الاحتكار عندها . بالاضافة الى ذلك فان خصائص الطاقة الشمسية تجعل امنية الشركات هذه صعبة لأنه يستحيل الاحتكار على مستوى هذا المصدر الطاقي ذاته نظراً لاستحالة الوصول اليه . من الممكن أن يتم الاحتكار على سوق المصباح التياري وحده بينما يتطلب انشاء المراكز مشاريع عديدة ذات أبعاد متوسطة في فرع « الانشاءات والأعمال العامة » . يجب الملاحظة انه باستثناء الخلايا الفلطائية الضوئية لا يوجد ابداً منتجات شمسية « صرفة » . ستستعمل في الصناعة الشمسية آليات مختلفة من انتاجات الفروع الموجودة قبلاً . فلا يتم ابتكار الآليات الشمسية المتعددة

الأشكال إلا على صعيد تجمعي . على عكس ذلك فان احتكار الطاقة النووية أسهل ، من ناحية الانتاج والتحويل وتعمير المراكز والاستفادة من البقايا . علاوة على ذلك فسوق الطاقة النووية يحمل صدماً أكثر من الطاقة الشمسية بحكم الجهود التي بذلت على مستوى الدول لتطويره من أجل الأهداف العسكرية أو المدنية من ناحية وضرورة تنمية تكنولوجية في المستقبل لأسباب حربية من ناحية أخرى . تعرض بالمقابل الطاقة الشمسية تطبيقات عسكرية ضئيلة جداً (باستثناء الصدمة الحرارية أو الآليات الى تنعم باستقلال طاقي بفضل الشمس) .

فلماذا تمول الشركات البترولية اذاً قطاعاً مشكوكاً بمعدل استغلاله في حين أن مردود القطاع النووي مؤمن ولا ريب فيه ؟

تعتبر مساندة الدولة اساسية في نشر تكنولوجيا جديدة . وكذلك يعتبر تعيين المقاييس التي نستطيع بالاستناد اليها ، تحديد طابع مرغوب اجتماعياً لهذه التكنولوجيا من أدق واجبات الدولة أيضاً . غير أن انعدام قدرتها على تفحص التأثيرات الاجمالية الممكنة الحدوث على المدى الطويل لكل تكنولوجية ، يشكل نقطة ضعف بارزة في تكوين معرفتها للمادة . يعكس لنا هذا العجز تقصيرها بتوضيح وتمييز الأهداف المستقبلية لمجتمعها ، لذلك تتخوف من التكنولوجيا وتعتبرها واجباً ارغامياً عليها بدلاً من اعتبارها حدثاً قاهراً خُلق لخدمة هذا المجتمع . يعود هذا ربما لكيفية أخذ القرار عندها الذي يؤخذ عادة نتيجة نزاعات وتسويات . ويعني هذا أن التكهنات العقلية ليست مضمونة دائماً لذلك فهي تخشى أن تكون الآفاق المستقبلية ضيقة وجزئية فلا تؤدي الى أهداف مترابطة وطويلة الأمد . من الصعب تقييم عزم الدولة بشكل دائم ، ويجب علينا في الوقت المناسب الاكتفاء غالباً بافتراض تصرفها هذا منطبقاً مع أقصى حدود الاختيار الدولي المضمون والذي نسعى جاهدين لمعرفة مقاييسه. بالاضافة الى كل ذلك فاذا

اعتبرنا أن عزم الدولة محدد بارادة الدول الأخرى نستخلص أن تصرف مختلف البلدان الضعيفة يكون منصوصاً عملياً بواسطة الدول المسيطرة. يكفي اذاً أن نتطلع الى مقررات هذه الأخيرة لمعرفة مدى مساندتها المستقبلية للطاقة الشمسية. سنربط اذاً بروز الطاقة الشمسية باستراتيجية الولايات المتحدة والى حدٍ ما بالاستراتيجية الأوروبية لأن الارغامات الجغراسية إن لم تفرض سيطرة الولايات المتحدة وحدها فهي على الأقل تعتبرها أحدى الدول المسيطرة. في هذه الحالة بالذات ستنوع الدول الغربية مصادر طاقتها الحالية بهدف المحافظة على صيانة استقلالها تخوفاً من السيطرة الاميركية. لكن نزيد على ذلك ان هذا التنويع ليس ممكناً دائماً (فالولايات المتحدة تملك وحدها احتياطاً هاماً من الفحم والنضيد الزفتي بينما تعتبر أوروبا أقل حظاً من هذه الناحية). فلكي يستطيع مصدر طاقي الوصول الى المنافسة يجب أن يكون قادراً حتماً على تغطية تامة لجميع الحاجات الحالية والمستقبلية. هذا ما تفرضه سياسة الدول الطاقية. استنادا الى ذلك تنشط استراتيجية الدول لايجاد المصدر الطاقي المثالي الذي يستطيع بالوضع الحالي للأشياء تأمين الاستقلال الطاقي في الوقت المناسب. يجب الاعتراف أن ما من قوة تستطيع تلبية هذا الطلب إلا القوة النووية بحكم الجهود التي بذلت حتى الآن لتنميتها. وهكذا تميل الطاقة النووية لاحتلال مكان الطاقة البترولية كما احتلت هذه الأخيرة بدورها مكان الطاقة الفحمية. إن هذا لا يعني انه لم تُبذل جهود أيضاً لمصلحة الطاقات الأخرى ولكن التفاوت كامن بين التسليفات المؤمنة لدراسات تطوير الطاقة النووية من جهة والتسليفات المعطلة لبقية المصادر من جهة ثانية. سنشرح ضمن هذا الأفق الاهتمام الحديث بالطاقة الشمسية الذي تبديه دول من مستوى الولايات المتحدة.

علاوة على ذلك، من الصحيح انه باستطاعة بعض الدول النامية

الاهتمام على مستوى عالٍ بالطاقة الشمسية لكنها تهتم أولاً باستراتيجية استقلالها الاقتصادي.

رغم تأثيرات العوامل المختلفة ـ تميل استراتيجيات الدول والشركات نحو الانضمام ان لم يكن على مستوى مجمل الحلول المطلوبة فعلى الأقل على مستوى تفحص المصادر الطاقية الكلاسيكية. يرتكز هذا الحل على حدث هام الا وهو التعميم المزدوج للخطين البيانيين للتكاثر البشري وللاستهلاك الطاقي لكل شخص. كل هذا يجعلنا نتكهن بجفافٍ لا مفر منه للمحروقات على أمد قصير ومتوسط. تتكاثر الآراء المتعلقة بحلول هذا التاريخ المشؤوم وبايجاد طرق مواجهته منذ الآن. لا نستطيع على كل حال تحاشي التساؤل عما اذا كانت الأهداف التي تتبعها الدول والشركات تؤدي بهذا الأجل الى مداهمتنا وحتى في بعض الحالات الى الاسراع في وقوعه هادفة هكذا لتنشيط سياق الاختيارات المستقبلية. ان المشاكل الرئيسية تبدو معرضة لأن تكون غير واضحة. وهكذا فالأزمة الحالية (المعتبرة أكثر بكثير من ازمة طاقية بسيطة) ستؤدي الى أزمة اختيار تحديد مستوى التكنولوجيات الطاقية المقبولة اجتماعياً. تجتهد اذاً الدول والشركات لتقييم مستقبل الطاقة الشمسية بالنسبة لاستراتيجية مصادرها الجديدة وفي الوقت ذاته بالنسبة لايجاد أنظمة تكنولوجية مرغوب بها اجتماعياً.

إنه لمن الأوفق فعلاً توضيح الآفاق المستقبلية للطاقة الشمسية ضمن اطار الأزمة الحالية.

ستواجه هذه الطاقة على التوالي المسائل التالية:

— الطاقة الشمسية في مواجهة أزمة الاختيار.
— الطاقة الشمسية في مواجهة استراتيجية الشركات البترولية.
— الطاقة الشمسية في مواجهة استراتيجية الدول.

الطاقة الشمسية في مواجهة استراتيجية الشركات البترولية :

حددت منذ البداية . مشكلة تطوير المصادر الطاقية الأخرى غير البترولية كالطاقات الفحمية والنووية والنضيدية والشمسية بالاستناد الى أسعار النفط .

نستطيع بالطبع أن نثبت . اذا تبعت الأحداث «مجراها الطبيعي» . امكانية استثمار الذخائر الهائلة للفحم والنضيد الزفتي والذخائر التي لا تنضب كالطاقة الشمسية بالتوازي مع الطاقة النووية تبعاً لبرنامج مخطط اثر خطر نضوب النفط والغاز الطبيعي . بشكل آخر . يحدد تلقائياً سوق الطاقة (ضمن شروط منافسة صرفة وقوية) الوقت الذي تتنافس به اسعار النفط والغاز الطبيعي مع أسعار مصادر طاقية أخرى . إن نظام المنافسة يفرض نظرياً أن «كل وحدة حرارية من مصدر مختلف تكلف سعراً خاصاً . واذا بيعت الطاقة بهذا السعر فحلول المصادر الطاقية المختلفة للواحد تلو الآخر يصبح «اوتوماتيكياً» .

لقد نجحت الشركات النفطية في الماضي بفرض عدم المنافسة على الفحم بتحديد سعر للنفط أقل نسبياً من سعر الفحم . لقد كان هذا ممكناً لأن الشركات النفطية كانت تعمل آنذاك بأسعار تنخفض هامشياً . ولم تكن لتتحمل عدداً من «الأعباء القانونية» . لذلك تجهد هذه الشركات حالياً لتقييم بعض المصادر الهامة للطاقة غير المنافسة حتى الآن كالطاقة النووية .

يبدو هذا ممكناً لأن الشركات تعمل حالياً باسعار هامشية متصاعدة . تغطي الدولة الكلفات الخارجية والداخلية للصناعة النووية مع مراقبة منافسة الموارد الأخرى دون استغلال منتظم لمعظمها في نطاق توضيح أهمية وامكانية الاستفادة من آفاق الصناعة النووية المستقبلية . وبالفعل فان احتكار سوق الطاقة كان وما يزال هدف الشركات . هذا ما يفرض عليها

حالياً تبني استراتيجية توظيفية لا يكون النفط (الذي سينضب خلال بضع عشرات من السنين) محورها الأساسي بل تكون موجهة نحو القطاعات المنافسة كي تهيء تكييفاً ذا أمد متوسط .

لن يكون هذا التكييف متنوعاً على مستوى الاستغلال . فهو يوجب مراقبة بمجموع المصادر الطاقية القادرة على منافسة الهيدروكاربورات الكلاسيكية المسيطرة (كالنفط والغاز الطبيعي) . في الوقت الحاضر أو في المستقبل القريب . ولكن يجب حسن الاختيار والتركيز بشكل اساسي على المصدر الأكثر احتمالاً للوصول الى السيطرة في المستقبل .

تمتلك الطاقة النووية بهذا الصدد أفضل آفاق مستقبلية (فالفحم في الولايات المتحدة يبشر بافاق مهمة ولكنها ذات أمد قصير) . لذلك تجهد الشركات البترولية للتركيز على هذا القطاع . وهذا لا يلزم فقط تنظيم زوال النفط ، بل يلزم أيضاً تأمين احتكار مصادر جديدة للطاقة . نقصد بزوال النفط زيادة سعر الفائض العام من أجل تمويل توظيفات التكييف المستقبلية . نحدد الفائض النفطي بـ «مجموع الدخل والاستفادة الموجودين على جميع الأصعدة البترولية» . ولكي نزيد هذا الفائض قدر المستطاع يجب صيانة الأسعار الهامشية التي تسيّر الأسعار . هذا ما يقودنا لتحديد سعر النفط الخام بالنسبة لكلفة التنقيبات الأقل مردوداً . فغلاء سعر البترول اذاً يؤدي بالشركات المتعددة الجنسية الى ايجاد ركائز ضرورية لتوظيفاتها خارجة عن النطاق البترولي . ولا مفر من غلاء البترول هذا لأننا نمر حالياً بطور التسعير الهامشي المتصاعد . لذلك يكون من مصلحة الشركات العالمية تشجيع استغلال المناجم المكلفة في بحر الشمال أو في الولايات المتحدة وذلك للاستفادة من ايرادها الهائل . كما تهتم ايضاً بتمويل البلدان المنتجة لتشجيع الانتشار الصناعي البترولي مع الاحتفاظ بالمراقبة (حتى ولو على مستوى التوزيع) . أي انها أخيراً تسعى للاشتراك معها بالتوزيع . وبالمقابل

فهي تعوض الخسارة المالية باستثمارات هامة لمصادر طاقية ضخمة وقادرة على المنافسة بأمد قصير أو متوسط ليس بهدف استغلالها استغلالاً منتظماً . بل بهدف السيطرة عليها كي تستطيع في الوقت المناسب اظهار الطاقة الأكثر والأقوى ترجيحاً للسيطرة على السوق ألا وهي : الطاقة النووية . وبالفعل يظهر تجديد الاحتكار لا على المستوى البترولي بل على المستوى النووي .

ربما استطاع استغلال المصادر الأخرى اعطاء دخل أوفر لصالح الفائدة العامة . لذلك يجب عدم استغلالها لكي تؤمن الدخل المالي ذا الأمد القصير للطاقة النووية . فلا يعود اختيار الطاقة النووية لمصادفة ما . بل نتيجة تفكير واع لاقرار تشجيع دراسة تطوير للمادة تقوم به الدول الغربية منذ عشرين عاماً . كما أنه حصيلة غياب سياسة طاقية متماسكة مرتكزة على تقدير تكنولوجي دقيق . وبما ان هناك غموضاً مسيطراً على امكانيات استغلال الفحم والنضيد الزفتي في اميركا . فاننا نعتبر مراقبة هذين الاحتياطيين في غاية الأهمية ما دامت سيطرة الطاقة النووية لم تتحقق بعد .

علاوة على ذلك . لا تشكل الطاقة الشمسية بالنسبة للشركات البترولية أية أهمية ولا أي خطر مباشر . فشروط منافستها ليست ذات طابع تقني فحسب بل ذات طابع اقتصادي أيضاً . فالطاقة الشمسية لا تعطي دخلا وافراً إلا عندما ينخفض سعر الخلايا الفولطي ضوئية وهذا لا يتم إلا بخلق سوق حقيقية للطاقة الشمسية . فلا مجال اذاً لوضع حد لهذه الحلقة المفرغة إلا بإحدى الطريقتين التاليتين :

— اما بعزم الدولة . ويكون هذا بوضعها سياسة طاقية متماسكة لتنشيط استغلال الطاقة الشمسية . أولاً بايجاد سياسة منظمة لدراسات التطوير . والأهم من ذلك . بتأمين التمويل لمستعملي الآليات الشمسية ولمنتجيها . هكذا تصل الدولة الى اطلاق الطاقة الشمسية كما سبق واطلقت الطاقة النووية .

— وإما باقرار الشركات البترولية بخلقها سوقاً لهذه الطاقة .

نخطىء اذا اعتقدنا أن الطلب ينسجم دوماً مع العرض . بالطبع يلعب الطلب دوراً قيادياً لا يستهان به ولكنه لا يعطي نتيجة مهمة إلا اذا نفذ على مستوى اختيار الانتاج . فلا يستطيع طلب الانتاج خلق انتاجٍ غير موجود خصوصاً في سوقٍ تسمح باستبدال هذا الانتاج بآخر أكثر وفرة .

صحيح أن بعض الآليات الشمسية هي في طور التسويق : ولكن السوق الموجودة تعد ضعيفة الابعاد ومرصودة لتطبيقات معينة فقط .

ليس من المستبعد على كل حال أن يؤدي اطلاق طلب هذا الانتاج ، وربطه بضغوط بعض التجمعات بقصد تشجيع دراسة المصادر غير الملوثة . الى تكوين سوق حقيقية للطاقة الشمسية في الوقت المناسب . ولكن الشركات تخشى حدوث هذا بعد اقرار الاختيارات الأساسية والثابتة . وحدها الدولة . المسؤولة عن المصلحة العامة ، تبقى قادرة فعلاً على ايجاد الشروط الحالية المؤدية لبروز هذا الحدث الضخم الا وهو : الطاقة الشمسية .

فالشركات البترولية رغم امنيتها بتأمين احتكار الطاقة الشمسية لأمد طويل أو متوسط . لا تجرؤ على تشجيع تطوير سوق ضخمة دون شك ولكن معدلات الاستفادة منها ليست مؤمنة . إن هذه السوق لا تحتوي على كل حال . على الضمانات التي تحققها أو تأمل الشركات بتحقيقها مع الطاقة النووية : اذ أن الدولة تسمح للقطاع الخاص بتحصيل ارباح كبيرة سواء على مستوى انتاج وتحويل المحروقات أو على مستوى بناء المراكز رغم تحملها أعباء تمويل الدراسة التطويرية للطاقات من تشجيعها لأهداف عسكرية حتى طور التسويق .

بالطبع عندما تقرر الدولة منح قطاعي الفحم والنضيد الزفتي تسهيلات مشابهة للتي اعطتها وتعطيها للقطاع النووي . فإن الشركات تجني أرباحاً

طائلة منها . لذلك يجدر بالدولة مراقبة هذين الموردين منذ الآن طالما انهما لم يعاكسا نهائياً حتى الآن سير التشجيعات للطاقة النووية . سيهتم القطاع الخاص اذاً تلقائياً أيضاً بالقطاع الشمسي اذا قررت الدولة منحه امتيازات مشابهة . ولكن تجدر بنا الملاحظة هنا بأنه اذا استثنينا الولايات المتحدة فإن الدول لا تعطي الطاقة الشمسية الاهتمام الذي توليه في الوضع الحالي للطاقات الفحمية أو الحرارية الجوفية .

يرافق التدقيق في مصادر جديدة لطاقة ما انتهازية الوصول الى الاستغلال : أي انتظار تطوير منظم للمصدر (أو للمصادر اذا اختارت الدولة سياسة تنوع الطاقات) الذي ستمنحه الدولة سياسة المساعدة لأنه سيؤمن لها المعدل الدخلي الأكثر ارتفاعاً . فيتم بالتالي الاحتكار للطاقة الأقدر على السيطرة حسب تقديرات القطاع الخاص . وبما أن الأفق الحالي للطاقة الشمسية ضيق نسبياً فهي لا تدخل اذاً ضمن هذا الاطار .

مصادر الطاقة المرجّحة للسيطرة في المدى القصير :

تهتم الشركات البترولية بالتوظيفات في مصادر الطاقة المؤهلة لتغطية قسم لا يستهان به من الحاجات المستقبلية طالما أن تقبّل الدولة للاختيار الطاقي ما زال موجوداً . يعتبر توجيه الجهود لدراسات التطوير المؤمن حالياً بواسطة الدول دليلاً هاماً للقطاع الخاص لأن الدراسات الدولية تلعب دوراً أساسياً في خلق تجديدات تكنولوجية يجهد القطاع الخاص بعدئذ لاستثمارها لصالحه . فاذا اعتبرنا مثلاً أن جهود الدراسات التطويرية الاميركية أعطت عام (١٩٧٤) تقديرات تبلغ (٦٣٪) للطاقة النووية و(١٦٪) للفحم و(٤٪) فقط للمصادر الأخرى ، فإننا نفهم لماذا تميل الشركات البترولية نحو تفضيل الطاقة النووية وبالتبعية للفحم ؛ فهي ترى أنهما بصدد الوصول لى السيطرة في المستقبل القريب نسبياً . استناداً الى هذه الدراسات إقتنت

أكبر الشركات وخصوصاً في الولايات المتحدة ، عدداً كبيراً من مناجم الاورانيوم والفحم . وهي نتيجة لذلك . تسيطر حالياً على (٣٠٪) من الاحتياطي الفحمي المعروف في الولايات المتحدة . ولكن كما يلحظه تقرير الـ (O.C.D.E) الحديث : « لا يظهر بعد الاحاطة بجميع المعلومات أن إنتقال هذه الملكيات أدى الى تطوير ملحوظ في سياسة دراسة التطوير الصناعي ... » .

تعتبر استراتيجية كهذه تصرّفاً حكيماً من جهة الشركات البترولية : فهي لا تملك في الوقت الحاضر أي سبب وجيه لتمويل دراسات مكلفة غير مضمونة لتكنولوجية الاستخراج الآلي أو تفويز الفحم ، بينما تهدف أساساً لاحتكار الطاقة النووية . فاذا إتضح لها ، نتيجة الدراسات الدولية ، أن تكنولوجيات مشابهة ستكون مربحة ، فلديها دائماً المتسع الكافي من الوقت لشراء العقود لتسويقها اذ لم تكن التجديدات التكنولوجية البترولية الأكثر أهمية ، حتى الماضي القريب ، نتيجة عمل الشركات .

فيما يختص بالطاقة النووية نعلم ، من خلال ، اقتناء الشركات البترولية ، لمناجم الاورانيوم ، انها تسعى لاحتكار الصناعة النووية على مستوى المحروق أكثر مما هو على مستوي بناء المراكز (حيث تصطدم بمنافسة الشركات الكبرى المتعددة الجنسيات للقطاع الكهربائي أو بوجود الشركات الوطنية) فيسمح احتكار قطاع المحروقات بتحقيق احتكار الطاقة النووية كما أدى سابقاً إحتكار التوزيع والنقل الى الصناعة البترولية ، أما بالنسبة لمصادر الطاقة الجديدة فليس من مصلحة الشركات الاهتمام بها أو الخوض بالدراسات من أجل مردود مشكوك فيه طالما أن الدولة لا تهتم بها إلا قليلاً .

فجهود دراسات التطوير الممولة بواسطة الدولة للطاقة الشمسية ، تُعتبر زهيدة . مع أننا نستطيع كشف نوع من التعديل منذ عدة أشهر في الولايات المتحدة بحيث أنه رغم وجود بعض التطبيقات المحدودة فإن الشركات

البترولية لا تتحمس أبداً للاهتمام بهذه الطاقة . وبالاضافة الى ذلك تجدر الملاحظة الى أن الصناعة النووية تعمل بطور الكلفة المتساقطة هامشياً . بينما لم تعرف الصناعة الشمسية أي انخفاضٍ لكلفتها التي ترتفع بقيمة أصلية (نقصد هنا مردوداً صناعياً ثابتاً ومردوداً هامشياً مرتفعاً ارتفاعاً ضئيلاً) .

فمن مصلحة الشركات اذاً اختيار صناعة تكون الكلفة الهامشية فيها منخفضة جداً لكي تقتطع خيطاً يستدق أكثر فأكثر. استطاعت الشركات منذ ذلك الوقت الحفاظ على سيطرتها على السوق ، أي فرض اسعارٍ محدودة على مستوى عالٍ نسبياً . وبالمقابل فإن الطاقة الشمسية كمادة أوليةٍ تبقى صعبة الاحتكار باستثناء حقل الانتاج . فاذا طورت الدولة جوهرياً سياسة تمويلها للدراسة ومالت نحو زيادة القسم النسبي المخصص للطاقة الشمسية فاننا ننتظر عندئذ انحناء استراتيجية المجتمعات البترولية التي تجهد أيضاً للسيطرة على مصدر كهذا . هذا لا يفرض أنها ستستعمل مجمل طاقات هذا المصدر لأنه بالفعل لا يحقق تصرف كهذا إلا عندما تكون الجهود المبذولة من الدولة مهمة جداً لتقييم الطاقة ضمن أفق زماني قصير جداً .

مردود الطاقة النووية :

يظهر تدخل الشركات البترولية في الطاقة النووية على مستوى التنقيب عن مناجم الاورانيوم وعلى المستوى الصناعي والتشغيلي للمحروق الذي أدى بها الى السيطرة على نصف إحتياطي الاورانيوم . من المعروف أن تطور مصدر طاقي على نطاق واسع يبقى مشروطاً بالسياسة الدولية بالنسبة لدراسة التحضير الى درجة كبيرة . نتساءل بدهشة كيف شجع تطوير الطاقة النووية رغم ضعفها الأساسي لجهة القيمة الاقتصادية الظاهرة . إن التطور السريع

لبرنامج الطاقة النووية المدني يعتبر استثنائياً بحكم صلته بالبرامج العسكرية ونفوذها . وهذا ما يجعل سياسة الدولة التمويلية لبعض التجديدات الهامة ، لأي سبب كان ، قاطعة بالنسبة للاختيارات التي ستتمم بعد ذلك في القطاع الخاص . فلو لم تنفق الدولة في الطاقة الشمسية سوى قسم بسيط مما أنفقته في الطاقة النووية لكانت اعتبرت تمويلات القطاع الخاص حالياً في هذا المضمار ضخمة جداً . فالدولة لم تختر تمويل الطاقة النووية لأسباب استغلالية صرفة لمردود هذا القطاع القوي بل لأسباب حربية أساساً . لقد مولت الدولة نشأة الصناعة النووية ثم سلمتها بالتدريج للقطاع الخاص .

ولزم بعد ذلك (٢٥) عاماً للبرنامج المدني لهذه الطاقة للوصول الى التسويق الكامل . وتابع القطاع الخاص جهده طوال هذه المدة لتأخير منافستها بتحديده سعر الفيول بشكل لا يشجع ابداً على هذه المنافسة . وهو ينشط حالياً لاستغلالها بعد أن كانت الدولة حتى الآن مؤسسها والمدافع الوحيد عنها . ومن ثم تركت ، بالمقابل ، للقطاع الخاص دراسة التطوير المتعلقة بمصادر طاقية أخرى . (ومن المعلوم أن هذا القطاع الخاص لم يهتم حتى الآن إلا بالقطاع البترولي) منذ بداية هذا القرن . سمح غياب استراتيجية الدولة عن المادة البترولية بظهور مجمعات احتكارية صغيرة لها .

كما سمح هذا أيضاً ابتداء من عام (١٩٤٥) للشركات البترولية بالعمل ، بطريقة طيعة نوعاً ما ، للتكييف بين الحقلين البترولي والنووي فحين بدأ ينقص مردود الحقل الأول ظهرت الآفاق المستقبلية في الحقل الثاني حسنة نسبياً . وهكذا فان التغيير في تصرفات الدول كفيل بالسماح للطاقة الشمسية بفرض وجودها بالنسبة لتمويل دراسات تطويرية (أي في اختيار مباشر أو غير مباشر لتجديدات تكنولوجية) . فمن الممكن ادخال تغييرات مشابهة في المستقبل القريب وخصوصاً في الولايات المتحدة ، تحت تأثير بعض

الارغامات لتطور مصادر طاقية مرغوب بها اجتماعياً ولضرورة صيانة عنصر أساسي هام لاستراتيجية سياسة الدول ألا وهو الاستقلال الطاقي .

الطاقة الشمسية في مواجهة استراتيجيات الدول :

اصطدم تطوير الطاقة الشمسية حتى الآن بغياب سياسة طاقية متماً لأمد طويل للدول الصناعية . فظهرت حكومات البلدان المصنعة التابعة للـ (O.C.D.E.) ميالة لممارسة تنظيم مباشر على الأعمال الطاقية مفضلة ترك تقسيم الاحتياط لتجاذبات السوق الحرة . كما اظهرت التدابير المتروكة صدفة والتي بوشرت تدريجياً تبايناً واضحاً في سياسة الطاقة .

كان تنظيم الدول لتقنيات جديدة وتهيئة مصادر للاستغلال وللمردود الاقتصادي من أهم الفرضيات المتفائلة عام (١٩٧٠) بالنسبة للتموين المستقبلي ، في الوقت الذي كانت فيه المحروقات التقليدية غير كافية لتلبية زيادات الطلب .

وكانت أهم التجديدات المستند عليها :

- الاستفادة مبدئياً من « المولد الخاص على مستوى عال » المقدّر لعام ١٩٨٥ (لكن تقديرات اليوم ترجيء هذا لعام ١٩٩٠ وحتى لعام ١٩٩٥ أو ٢٠٠٠) .
- تفويز الفحم (ولكن بقيت الجهود المتبعة في هذا المضمار ضعيفة جداً وممولة فقط بواسطة الدول دون مساعدة القطاع الخاص) .
- الذوبان النووي حيث كان من المنتظر تصنيعه تكنولوجياً عام (٢٠٠٠) ولكن تأخيرات هامة طرأت على هذا المجال بسبب صعوبات تقنية أساسية) .

إن التأخير في استعمال مفاعلات المولدات الخاصة وفي الذوبان يتسبب

بوقوع مشكلة هامة بالنسبة لتموين المراكز (ذات الفئة الأولى) بالاورانيوم أدى الاهتمام بوقاية البيئة والمشاكل التقنية الناتجة عن تشغيل عدة مراكز الكترونووية بالاضافة الى احتمال قطع التموين الطاقي لأمد متوسط، الى اهتمام الدول بالإسراع في وضع سياسة طاقية ذات أمد متوسط تلافياً لتهديدات من مستوى :

— الاستقلالية الطاقية (هم أساسي عند الولايات المتحدة) .
— توازن المدفوعات (هم الدول الأوروبية واليابان حيث الاستملالية الطاقية متعذرة منذ زمن طويل) .

إن في التوضيحات السياسية الطاقية نوعاً من الفائدة للطاقة الشمسية . إذ أن حرص الدول على تأمين التموين الطاقي يجعل أغلبيتها تهتم بالتنويع وخصوصاً على مستوى تمويل الدراسات التطويرية . ولكن يخشى هنا أن توصلنا اهتمامات الماضي (وهي في صالح الانشطار النووي دون الاكتراث لبقية المصادر) الى تفضيل الطاقة النووية أكثر فأكثر اذا لم تتابع على أمد طويل دراسة متعددة المقاييس . نقع إذ ذاك في المشكلة الدائمة : نضحي مرة أخرى بتكنولوجيات المستقبل المؤهلة لأن تكون مرغوبة اجتماعياً ، لصالح التقنيات الحالية . فكلما كان الأفق الزمني المحدد بواسطة الدول قصيراً فإن ضرورة الايجاد السريع لبديل للبترول يقودنا الى عدم تفضيل أية تكنولوجية جديدة على تكنولوجية نسيطر عليها .

يعتبر نقص المحروقات التقليدية نسبياً بالطبع لأن التخمينات المتعلقة ببقاء البترول والغاز الطبيعي تتراوح بين (٢٥) و (٧٥) سنة . لمعرفة حجم الاحتياطي العالمي للبترول (ما يزال القسم الأكبر منه في مناجم لم تكتشف بعد) يجب أخذ رأي خبراء الشركات البترولية . نعلم مثلاً ان احتياطي الولايات المتحدة على الأقل من الفحم هام جداً . لكن التأخير الحالي في

استخراجه واستعماله عائد الى ضعف الدراسات المتعلقة بالاستخراج الآلي وبالتفويز.

منذ سنة أو سنتين انشئت في الولايات المتحدة سياسة تنويع على مستوى الطلب لمواجهة خطر ضياع الاستقلالية الطاقية المقدر لعام (١٩٨٠ — ١٩٨٥) بالمقابل تبدو دول اوروبا أقل اهتماماً بهذا التنويع ربما لأن امكانيات الاهتمام بالنضيد والفحم والحراري الجوفي ما تزال محدودة جداً. فيعتبر اللجوء الى الطاقة الشمسية حلاً بالنسبة لهاتين الحالتين. كما أنه بإمكان هذا اللجوء المساعدة السريعة على تطوير البلدان النامية. تعتقد هذه البلدان خطأً بضرورة تنمية طاقتها تبعاً لخطط معينة. في حين أن المشاكل التي تتعرض لها حالياً البلدان المصنعة هي هنا لتبرهن أن ايجاد نظام طاقي مقبول اجتماعياً يستطيع وحده تلبية حاجاتها. تخدم الطاقة الشمسية إذاً بنفس الوقت استقلالية الطاقة في البلدان المصنعة واستقلالية الاقتصاد في البلدان النامية.

تحقيق الاستقلالية الطاقية للدول الصناعية:

نحلل سياسة الطاقة لبلد ما على مستوى الاختيارات في الأبحاث التطويرية. نستطيع اعتبار أهمية أي مصدر طاقي كدالة مباشرة لمعدل الابتكار في الأبحاث الإنمائية التي تمولها الدولة.

نركز تحليلنا بنوع خاص على الولايات المتحدة إذ أن القسم الأكبر من الاستراتيجية العالمية للطاقة يتعلق باختيارات الحكومة الفدرالية للولايات المتحدة من ناحية، ولأن الدراسات الاحصائية تتعلق غالباً بهذه الدولة من ناحية أخرى.

يستطيع معدل التجديدات للمادة ضمن التقنيات الطاقية تغيير سير العرض والطلب . إن اختيار تطوير مصدر ما أو زيادة مردود تحويل ما وحتى أيضاً تشجيع تخفيض معدل الطلب الطاقي يتم بواسطة سلسلة احتياطات اقتصادية .

يتعلق إذاً وضع الطاقة خلال عشرة أو عشرين عاماً بالقرارات المتخذة حالياً . ويظهر ان ارادة صيانة الاستقلال الطاقي (شرط ضروري لاستراتيجية سياسة مسيطرة) ستقود الولايات المتحدة لزيادة اهتمامها في الطاقة الشمسية ضمن اطار سياسة التنويع . في هذا ما يوصلنا الى تطور هام لهذا المصدر اذا لم يتعارض سيره مع استراتيجية الشركات البترولية .

يجب ألاّ تحملنا السياسة المتماسكة للمادة الطاقية كما اظهرنا سابقاً على اختيار مصادر هذه الطاقة فحسب . بل يجب أن تحملنا أيضاً على تحديد الاتجاهات الطاقية وطرق وقاية البيئة .

ويجب أن نتقيد اذاً بطرق النظام التقني الذي يتحسب لمواجهة مشكلة معقدة في طريقه للوصول الى هدفه . كما يجب التقيد أيضاً بجميع الطرق المتنوعة والمعقولة ثم بتفحص كلفات وحسنات مختلف هذه الطرق في مجال التنفيذ .

تفرض الدراسة التنظيمية بالنتيجة وضوح الأهداف الاجتماعية كي تتم سيطرة التكنولوجيا ضمن اطار يظهر في هذه الحالة ان باستطاعة الطاقة الشمسية أن تبدو كطاقة مرغوب بها اجتماعياً وخصوصاً بالنسبة لهدف الاستقلال الطاقي ذي الأمد المتوسط والطويل .

تغيير أولويّات البحث والتنمية في الولايات المتحدة:

يبرهن تحليل الاعتمادات المخصصة للأبحاث المتطورة من قبل حكومة الولايات المتحدة أن بعض التغيير في الأولويات قد طبق خلال السنتين الأخيرتين. ان وعي مخاطر التبعية الطاقية في أعوام (١٩٨٠ و ١٩٨٥)مذ أعلنت رسمياً ولأول مرة من قبل رئيس الولايات المتحدة في نيسان — ابريل عام (١٩٧٣)عندما اقترح تخصيص عشرة مليارات من الدولارات لمدة خمس سنوات لتطوير القوة الضرورية لحاجات البلاد. وذلك بايجاد منابع جديدة للطاقة. إن الاعتمادات المتزايدة بمقدار (٢٠٪) في السنة خلال السنوات الماضية تضاعفت في سنة واحدة ما بين (١٩٧٤ و ١٩٧٥) عندما انتقلت من (٩٩٩,١) الى (١٨١٥,٥) مليون دولار.

إن تفاصيل هذه الاعتمادات قد تغيرت بحدّ ذاتها : في سنة (١٩٧٣) بلغت حصة القطاع النووي نسبة (٧١,٦٪) بينما انخفضت في سنة (١٩٧٥) إلى (٤٩،٢). وبالمقابل فإن حصة المحروقات ارتفعت من (١٥,٥٪) الى (٢٥،٢٪).

تجب الإشارة أخيراً الى أن حصة «المتنوعات» التي تشمل الطاقة الشمسية ارتفعت ارتفاعاً ملموساً من (٢,٥٪) الى (٨,٥) في عام (١٩٧٥).

ولكن قرارات حديثة العهد جاءت لتسرع بتنفيذ برنامج لصالح مصادر الطاقة الجديدة وان مليار دولار صرف لخمس سنوات (١٩٧٥ — ١٩٧٩) لتدارس أشكال استخدام الطاقة الشمسية يوضح الجدول التالي تصاعد الاعتمادات المخصصة لأبحاث الطاقة الشمسية.

توزيع الإعتمادات لبحوث الطاقة في السنوات الأخيرة
(نسبة مئوية)

نوع البحث	١٩٧٣	١٩٧٤	١٩٧٥	٧٦ - ١٩٧٩ (تقديرات)
اقتصاد الطاقة	٤.٨	٦.٥	٧.٢	٦.٢
بترول . غاز . نضيد	٢.٨	١.٩	٢.٣	٣.٥
فحم	١٢.٧	١٦.٥	٢٢.٩	٢٥.٧
حماية البيئة	٥.٦	٦.٥	٩.٩	٧.٠
النووي	٧١.٦	٦٣.٢	٤٩.٢	٤٩.٦
منوعات (بما فيها الطاقة الشمسية)	٢.٥	٥.٤	٨.٥	٨.٠
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

تطور الإنفاق على بحوث الطاقة الشمسية في السنوات الأخيرة
(بملايين الدولارات)

السنة	١٩٧٢	١٩٧٣	١٩٧٤	٧٦ - ١٩٧٩ تقدير
الإنفاق	١,٧	٤,٠	١٣,٨	٢٠٠.٠

اقتحمت فرنسا، وبشكل عام اوروبا، الصناعة النووية ذات الفئة الأولى في وقت كان من الأفضل انتظار المولدات الخاصة لا بل الذوبان

واختيار حل عابر ومتنوع . تختلف الاهتمامات السياسية الاقتصادية والامكانيات التقنية والتمويلية الاوروبية عن الاميركية . فلدى الولايات المتحدة امكانيات توصلها للاستقلالية الطاقية بفضل مصادرها الغنية بالمحروقات وبفضل قدراتها التكنولوجية والتمويلية الهائلة . ان استقلالية مشابهة لا تستطيع أن تصل الى الهدف دون اللجوء لسياسة تغيير منظمة .

من هنا انطلق المشروع الضخم (المشروع المستقل) وهو مشروع استفادت منه الطاقة الشمسية . بالمقابل أحرزت اهتمامات الدول الاوروبية لأمد قصير استقلالية طاقية حالية بالنسبة للدول المنتجة للبترول (سواء أكان ذلك لاعتبارات سياسية أم لأجل اعتبارات تتعلق بميزان المدفوعات) . من هنا انطلق تشجيع الاسراع ببناء المراكز النووية ذات الفئة الأولى في هذه البلدان .

تظهر لنا نظرة متماسكة ذات أمد طويل مرتكزة على التطوير الكامل للتكنولوجيا . ان هذا الاختيار قابل للنزاع . ويتمتع الاتحاد السوفياتي باستقلال طاقي غير مهدد لا على الأمد الطويل ولا على الأمد القصير (طبعاً حكم احتياطه الضخم للفحم وللغاز الطبيعي) بحيث أنه كما عبر عنه حديثاً رئيس جمعية الأمم للاستعمال السلمي للطاقة الذرية «فلا مسبب لدى الاتحاد السوفياتي لتطوير الطاقة النووية في الوقت الحاضر، فبامكانه الاكتفاء بالطاقة التقليدية التي يملكها» فإذا تفحصنا الرسوم البيانية (١ . ٢ . ٣) نلاحظ أن تحويل الاولويات لأغراض البحث والتطوير للطاقة في الولايات المتحدة لا يكمن على مستوى العرض فقط . بل يتعلق أيضاً بالطلب . بالفعل يظهر في كثير من الحالات أن تحقيق اقتصاد بالطاقة يوجب تخفيف المصروف الذي نحتاجه للحصول على انماء طاقي يتجانس مع الطلب .

نستطيع القول إذاً ان النزعات التالية ترتسم حالياً في الولايات المتحدة وبطريقة ثابتة تقريباً :

١ — تعجيل سياق التحديد التقني بهدف تنويع المصادر الطاقية الجاهزة . والعمل على زيادة فعالية المردود بالتحويل وبالاستعمال لمختلف أشكال الطاقة .

٢ — تأمين استعمال جذري ذي وفرة أكثر للطاقة المهيأة بحذف قسم من التبديد أو الاسراف الملحوظ وبزيادة معدل استرجاع الوحدات الحرارية المستهلكة (هذا قائم أيضاً على مستوى المواد الأولية الأخرى الخارجة عن الطاقة) .

٣ — أخذ شروط حماية البيئة بعين الاعتبار ضمن آفاق مستقبلية بعيدة الأمد .

ينضوي تطوير الطاقة الشمسية بشكل جيد ضمن هذه الآفاق الثلاثة : رأينا سابقاً الفائدة بالنسبة لاهتمامات عدم التبديد وبالنسبة أيضاً لصرورة وقاية البيئة . باستطاعة هذا التطور الاسراع أكثر في السنوات المقبلة اذا قبلت الدولة بتخصيص حد أدنى من الاعتمادات له . بالطبع يبقى اتقان المولدات الخاصة لأمد متوسط والذوبان النووي في الأمد الطويل أولوية الاولويات . ولكن عدم التأكد بالنسبة لفترة الانتقال من المفاعلات « المحرقة » الى المولدات الخاصة يقودنا حالياً للاهتمام بالمصادر الطاقية المهيأة للاستغلال السريع .

من الممكن أيضاً أن يقودنا هم تسهيل الانتقال من الانشطار النووي الى التذويب النووي ضمن آفاق مستقبلية للاستغلال الطاقي . للاهتمام بمصادر جديدة كالطاقة الشمسية .

ان التهيئة السياسية المتماسكة ذات الأمد الطويل (تتناول مصادر الطاقة ووسائل النقل وحماية البيئة) تقضي بإيجاد مصدر طاقي مهيأ لتلبية جميع

الحاجيات الحاضرة والمستقبلة واستغلاله استغلالاً منظماً وعلى مستوى عال بالرغم من التبديدات العديدة والكلفة الخارجية الناتجة عن هذا الحدث .

فاذا لم تسجل السنوات (١٩٧٣ و ١٩٧٥) منعطفاً في تطوير الانماء الطاقي فهي على الأقل تسجل انحناءة بهذا المضمار. هناك بالطبع سوابق تاريخية تظهر أن تجديدات تقنية محققة خلال الأزمة تنسى أو تتباعد بنظام منذ أن اختفت الظروف التي ساعدت على بروزها .

يبقى تحديد شروط استغلال المصادر الجديدة للطاقة ، كالطاقة الشمسية مثلاً ، المسألة الأساسية الهادفة لاظهار العراقيل التي تعترض طريق التطور.

رأينا سابقاً أن القسم الأكبر من هذه العراقيل ناتج عن استراتيجية الشركات البترولية وعن غياب سياسة متماسكة ذات أمد طويل عند الدول ، وأن العزم الدولي وحده قادر على اخفائها بتصميمه لنظام متماسك يرتكز على تطوير تكنولوجي ضخم ، سيحدد التوفر التجاري للطاقة الشمسية بدرجة المساعدة للدراسة وللتطوير التي ستقدمها الدول . نستطيع إذاً أن نعتقد أن الطاقة الشمسية ستؤلف في المستقبل عنصراً في سياسات الدول للطاقة ، شرط أن تعمد هذه الدول لوضع هذه السياسات وبشكل عقلاني .

الطاقة الشمسية عنصر محتمل لسياسة تغيير عقلاني :

العمل في سياسة البحث الموسع المرتبط بمجمل أنواع الطاقة ، كان شرطاً أساسياً لسياسة طاقية متماسكة طويلة الأمد.

إحدى نتائج أزمة البترول سنة (١٩٧٣) جاءت لتنبهنا بان الجهود المتزايدة في البحث والتوسع هي ضرورية جداً لاكتشاف واستخراج واستعمال مصادر طاقية أخرى غير بترول الشرق الأوسط أكثر من ضرورتها لتخفيض نسبة تزايد الطلب على الطاقة.

أوضحت هذه الأزمة في نفس الوقت ضعف السياسات المتبعة سابقاً. بينما كانت بعض القطاعات (ومنها الطاقة النووية) موضوع بحث مركز. فيما عرفت قطاعات أخرى (مثل الفحم) اضمحلالاً تصاعدياً.

هذا الضعف يبرهن في الواقع على غياب السياسة المتماسكة التي تجمع الابحاث التطويرية للطاقة.

يجب أن ترتكز سياسة الطاقة المتماسكة أو تعتمد على تحليل للنظريات والبحث عن نظام طاقي أفضل مع الأخذ بعين الاعتبار بعض الارغامات الاجتماعية. فكل منهج طاقي يشتمل على أربعة أنظمة:

— نظام تكنولوجي يقر أولاً درس الاختيارات التكنولوجية الممكن تصنيعها ونقلها وتخزينها واستعمالها. وثانياً درس المراحل التي يجب توقعها للانتقال من البحث الأساسي الى الاستغلال التجاري. يجب أن يدرس هذا النظام الطاقي الشروط والضغوط الممكن مواجهتها تدريجياً.

— نظام اقتصادي يفرض درس المداخلات بين الاختيارات التكنولوجية الممكنة والهياكل الاقتصادية الموجودة. نقصد أولاً معرفة المجال الذي تستطيع خلاله هذه الهياكل الاقتصادية تحقيق نجاح هذا الاختيار أو ذاك. ومن ثم اعتبار الأثر الحاسم الحاصل من استعمال الطاقة على النمو الاقتصادي.

— نظام بيئوي يقضي بدرس تأثير الاختيارات التكنولوجية على البيئة وتحديد الضغوط التي ستفرض اختيارات أفضل. يجب في الواقع

الأخذ بعين الاعتبار تأثيرات الاستعمالات الطاقية على البيئة (كالتلوث وغيره) . فلا يتطلب الانتاج والتحويل والنقل والتخزين والاستعمالات الطاقية ايجاد المصادر الطاقية فقط ولكن يتطلب أيضاً ايجاد المصادر الطبيعية كالهواء والماء والأرض . من المحتمل أن يؤدي استعمال بعض المصادر الطاقية ، في بعض الحالات ، لكلفة اجتماعية ضخمة بينما كان من الممكن استعمالها كمواد أولية لتطبيقات أكثر نفعاً اقتصادياً . هكذا يجب تهيئة استراتيجية للمصادر الطبيعية بحيث لا تكون المصادر الطاقية فيها الا عناصر بين غيرها .

— نظام اجتماعي سياسي يقضي بدرس التأثيرات المستقبلية الممكنة على الهيكليات الاجتماعية والسياسية وبتحديد انسجام الاختيارات مع أهداف التجمعات الاجتماعية والتفضيلات السياسية للمجتمع . كما يجب أيضاً تحديد العناصر التي تلعب في المجال السياسي الاجتماعي (المعبر عن الحاجات) دور الرادع أو الدافع بالنسبة لكل تكنولوجية طاقية .

فتحليل النظريات أو الأنظمة يسمح بالأخذ بعين الاعتبار عدة حسنات ومساوىء نوعية دون اللجوء الى تقييمات ذات طابع مصطنع .

أخيراً يجب أن يكون الوقت كافياً لكي نعتبر الاختبارات ذات أهمية . فدور الدراسة إذاً في هذا الأفق يجيب على الاهتمامات المباشرة أقل مما يهتم بظهور ازمات مستقبلية . وبما أنه من غير الممكن معرفة أية تكنولوجية ستفضل في النهاية بالنسبة لارغامات الأنظمة الاربعة المعروفة . (بسبب انعدام تأكد تقدير النتائج في أفق وقتي بعيد) فلا يجب إذاً حصر جهود دراسات التطوير بقطاع طاقي واحد . ومن المناسب بالنهاية اتباع عدة طرق متوازية .

تتطلب إذاً تهيئة سياسة طاقية متماسكة لأمد طويل ومتوسط تعددية التكنولوجيات في دراسة التطوير . وتميل بالطبع لاعتراض كل عزم على احتكار القطاع الطاقي مرتكز على استعمال منظم لمصدر واحد . فلا نستطيع اذاً عدم تقدير الطاقة الشمسية منذ أن هيئت سياسة عقلانية كهذه .

اختيار مصدر غير ملوث ومهيأ للتلبية السريعة لعدد كبير من الحاجيات يشير الى أن استعماله في البلدان المصنعة سيسوّق أولاً على مستوى الاقلمة (تكييف المناخ) والتدفئة المنزلية وتسخين المياه .

ومما لا شك فيه أن بناء المراكز الشمسية سيظهر في الطور الثاني من الوقت عندما تكون قد حلت جزئياً المشاكل التقنية للتخزين . إن انتاج الطاقة الكهربائية على مستوى عال انطلاقاً من الطاقة الشمسية سيصبح حسب التوقعات الاميركية حقيقة في أقل من (١٥) سنة . ومن المؤكد أن أخطار الطاقة النووية وعدم التمكن من متابعة الاقتصاد والتقنية لتطوير مراكز ذات أبعاد واسعة وتحليل الاستعمال الطاقي على جميع المراحل قد يساعد في تخفيض هذه المهلة .

من المناسب على كل حال البدء في بناء مراكز للطاقة الشمسية ذات أبعاد متوسطة بصفة تجريبية منذ اليوم . ويكون عندئذ تقدير سعر كلفة الخلايا الفلطي ضوئية بالنسبة للكمية المنتجة حسناً . كذلك يجب مواجهة انتاج المحروقات المصنعة كيميائياً منذ الآن ضمن اطار سياسة حفظ المحروقات التقليدية الضرورية بصفتها مواد أولية للانتاج الصناعي . هكذا يعتبر تطوير الطاقة الشمسية كوسيلة لتوفير المصادر الطاقية الأخرى أو بعض المواد الأولية أكثر مما يعتبر وسيلة لزيادة العرض الحاضر . بالاضافة الى ذلك فهي قادرة على الحد من زيادة الطلب لأنه يمنع الضياع الناتج عن النقل نستطيع مما مرّ معنا استخلاص نتيجتين هامتين :

١ ـــ لا يوجد أي مصدر طاقي قادر على فرض نفسه نهائياً على جميع الأصعدة : تأمين التموين ، وقاية البيئة ، مردود اقتصادي ، مقبولية اجتماعية .

يجب أن تهدف السياسة الطاقية المتماسكة بالنتيجة لصيانة الاختيارات المتتابعة والمتعددة وأن نجتهد للحصول ، بدلاً عن المصدر الطاقي الأفضل ، على نظام طاقي مرض حيث تتواجد المصادر المتناسبة مع الارغامات المختلفة . تحتل اذاً الطاقة الشمسية مركزها ضمن هذا الأفق المستقبلي واذا مالت الطاقة النووية حالياً للحلول مكان البترول فليس من المؤكد أنها ستمثل بالضرورة الاختيار الأفضل منذ الآن وحتى بضع عشرات السنين .

٢ ـــ وحدها الدولة قادرة على ايجاد سياسة طاقية متماسكة وأن تمنع الاختيارات الاساسية للمادة من الرضوخ لاعتبارات تقليدية ذات أمد قصير . فالأفق الزمني في القطاع الخاص قصير جداً يحدّه تحليل الكلفة المربحة . وبالاضافة الى ذلك لا نستطيع أخذ الاستفادة المالية لأمد قصير المقياس الوحيد ما دامت بعض العناصر قد أعيد تكوينها .

٣ ـــ تحقيق الاستقلالية الاقتصادية للبلدان النامية .

إن اللجوء الى الطاقة الشمسية كفيل بتحويل ارتباط البلدان التي هي في طور النمو بالبلدان المتطورة ومن ضمنها البلدان المنتجة للبترول وبتنفيذ سياسة تطوير اقتصادية وطنية . من المعروف أن الطاقة الشمسية هي المصدر الأكثر وفرة في البلدان البترولية (أكثر منها في البلدان النامية) .

يمر الاستقلال الاقتصادي للبلدان النامية قسراً بسياسة تطوير مرتكزة على تصنيع محلي . وهكذا فإن تمويل هذا التصنيع لا يمكن إلا أن يكون

داخلياً وأن يصدر عن ظهور فائض للمواد الأولية المصدرة واما فائض في الانتاج الزراعي .

ترتكز أهمية الصناعة على ما تبشر به أكثر مما ترتكز على ما تعطيه . يجب إذاً أن تسمح سياسة التصنيع بخلق شروط تطور الذوبان النووي فالأعمال القيادية المحدثة تتعلق بالصناعات الأساسية وخصوصاً على المستوى الزراعي . نتجاهل غالباً الدور الأساسي الذي تلعبه الزراعة خلال الثورة الصناعية في تطوير البلدان الصناعية .

فقطاع الزراعة يلعب في وقت واحد الأدوار التالية :

— دور طالب المنتجات الصناعية (المنتجات في اطار الميكانيكية الزراعية وأدوات الاستهلاك بفضل زيادة قدرة شراء المزارعين) .
— دور مقدم اليد العاملة للصناعة .
— دور مقدم الحاصلات الزراعية لشعب المدن المتزايد .
— دور مقدم الرساميل للصناعة (قسم مهم من التمويل الصناعي قدم بفضل ظهور الفائض الزراعي) .

يجب على سياسة التصنيع عدم تقدير أهمية الزراعة بأقل من قيمتها حتى ولوكانت تعطي الأولوية للصناعة الثقيلة لأن هذه وحدها قادرة على اعطاء اعمال قابلة للتصنيع . نستطيع اذاً الحصول على ازدهار هام في قطاع الزراعة بفضل تنظيم أحسن وبادخال تقنيات بسيطة نسبياً ولكنها قادرة أن توصلنا سريعاً وبكلفة زهيدة نسبياً الى تحسن ملموس في المستوى المعيشي للشعوب المحلية وفي المردود الزراعي .

تفرض عند ذلك تقدمات كهذه تهيئة مصدر طاقي خفيف الكلفة نسبياً لتلبية استعمالات عدة عادية تتطلب طاقة ضعيفة .

ندرك أن شروط استعمال الطاقة الشمسية متممة الا اذا اعتبرنا أن

التطبيقات الموجبة لاستعمال هذه الطاقة هي موزعة أكثر الأحيان كلياً في الأرض . نقصد بذلك وبشكل عام تأمين كمية من الماء وتأمين شروط صحية أفضل كإنشاء المتوصفات ووسائل الاعلام والمدارس وايجاد وسائل بسيطة كالتدفئة المركزية ومنع قطع الأشجار والأغصان الذي يؤدي الى تشويه المنظر المحلي ، كل هذا يتناسب مع امكانات الطاقة الشمسية .

يسمح الرجوع المنهجي للمحركات الشمسية ولطرق التقطير والتدفئة الشمسية بتحسين امكانيات الري وظروف العيش دون اللجوء الى ايجاد مراكز حرارية حيث يكون مجراها موزعاً بعد ذلك بطريقة باهظة ودون أن نكون مجبرين على استيراد تكنولوجيا باهظة الثمن وتابعة بشكل سيء للحاجات (كحالة محركات ديزل مثلاً) .

إن الطاقة الشمسية تسمح باقامة تكنولوجيا في اماكن معزولة دون أن تتطلب أية صيانة وتكون حصيلة مردودها عظيمة .

يجب ألا نفهم من هذا أن البلدان النامية يجب الاّ تهتم بالتكنولوجيا الحديثة ولاسيما ما يختص بالنووية منها أو بتفويز الفحم مثلاً . في الواقع هناك عدة بلدان في اميركا الجنوبية وافريقيا وآسيا تملك احتياطات مهمة من الفحم والاورانيوم وهذا أساسي بالنسبة اليها فالمفروض الاّ تنغلق بمنهجية الطرق التقنية التقليدية أو البسيطة : فالرجوع الى تكنولوجية أساسية في إطار سياسة التصنيع هو شرط أساسي على مستوى الاستقلال التكنولوجي في الوقت المناسب . ينبغي هنا استعمال طرق تسمح باقتصاد استثمارات مهمة جداً ومتعبة قليلاً بسبب كبرها وهكذا تسمح أيضاً بحصة قيمة مالية .

إن التكنولوجيا الشمسية المبسطة في الاستعمال هي مهمة جداً اذا أخذناها على مستوى الانتاج .

فالمشكلة بالنسبة للبلدان النامية هي في وضع هيكل لتطوير الطاقة . والمفضل هو اعتماد نظام تصنيع متوسط لا يحتوي على وحدات كبيرة .

ففي اطار المشكلات الصناعية يكون الرجوع الى مراكز طاقية شمسية أمراً مربحاً .

إن استعمال الطاقة الشمسية في اطار عدد كبير من الأعمال غير المركزية هو بالمقابل شرط للنمو والتطور لهذا البلد لأنه يدخل في سياسته الاقتصادية على المدى الطويل .

إن التكنولوجيا الشمسية هي سريعة التحقيق لأنها لا تحتاج الى مدة كبيرة لتسييرها ولا الى جدارة تقنية عالية التخصص . فهذه التكنولوجيا الشمسية تفهم بسهولة بعكس الطاقة النووية التي تتطلب معرفة عميقة وتقنية متخصصة .

الدول العربية
والطاقة الشمسية



بحوث الطاقة الشمسية في المنطقة العربية :

من الراهن أن الدول العربية قد تخلفت . في القرون الأخيرة . عن المساهمة في تطوير المعرفة العلمية للانسان . بابتعادها لأسباب معروفة عن ممارسة العلم والبحث العلمي . في حين أن التاريخ يعلمنا أن هذه المنطقة سبق لها وأن قدّمت إسهاماً رائعاً في هذا المجال وحملت مشعل العلم والبحث العلمي قروناً طويلة قبل أن تتخلى عنه تدريجياً لأوروبا وتغرق في ظلام الانحطاط .

ونحن نرى اليوم ملامح — ما تزال ضعيفة — لإرادة غامضة في الانفتاح على العلم والبحث العلمي ولإعادة الإتصال بتراث علمي قومي غني أصبح ملكاً مشاعاً للإنسانية كلها . كما نرى قناعة واضحة وقوية في ضرورة التقدم الإقتصادي والإجتماعي وفي كون البحث العلمي الوطني الأصيل ضرورة لا أمل بأية تنمية حقيقية بدونه .

في هذا النطاق يبدو البحث العلمي العربي في مجال الطاقة الشمسية وكأن له خصائص تميّزه . فاهتمام الدول الصناعية بالطاقة الشمسية بقي خجولاً ومتردداً حتى انفجار أزمة الطاقة العالمية سنة (١٩٧٣) . ولم يبدأ الاهتمام الجدي بالطاقة الشمسية في هذه الدول إلا بعد انفجار تلك

الأزمة . بحيث يمكننا القول أن النتائج الجدية . ذات القيمة التطبيقية والاقتصادية . قد بدأت تظهر ولكنها ما تزال في بداية الطريق .

في نفس الوقت تقريباً أبدت بعض الدول العربية اهتمامها هي أيضاً ببحوث الطاقة الشمسية . من هنا الميّزة الخاصة لهذه البحوث بالنسبة للعرب . فميدان الطاقة الشمسية هو الميدان الذي يمكن القول فيه . أن العرب لم يتأخروا كثيراً في ولوجه عن العالم المتقدم .

ففي السعودية ومصر ولبنان والعراق فرق من الباحثين تعمل منذ سنوات طويلة . وقد تبعت هذه الدول دول أخرى كالكويت وليبيا والسودان والجزائر وربما غيرها . وفي بعض هذه الدول برامج.. تتفاوت في الوضوح . لأبحاث الطاقة الشمسية . نقدّم في هذا القسم بعض النماذج عنها .

كما أن بعض الندوات والمؤتمرات والتجمعات العلمية بدأت تظهر هنا وهناك . وقدكان آخر هذه المؤتمرات « المؤتمر الأول لفيزياء الطاقة الشمسية » الذي عقد بالتعاون بين معهد الإنماء العربي والجمعية الفيزيائية العربية وجامعة قاريونس في خريف سنة (١٩٧٦) في جامعة فاريونس في بنغازي (ليبيا) . ومن الممكن الإكتفاء بالنظر الى لائحة البحوث المقدمة في هذا المؤتمر (أنظر الملحق) لأخذ فكرة عن بعض المشاركة العربية في ميدان بحزث الطاقة الشمسية .

البرنامج الجزائري للطاقة الشمسية :

تشكل عملية إدراج الطاقة الشمسية في قائمة الطاقات عاملاً فعالاً للشعور بالاستقرار والاستقلال ورغد العيش إن بالنسبة للبلاد الغنية بموارد الطاقة أو التي تفتقر اليها .

ليس بالضرورة الكلام عن مرحلة المنافسة أو التضارب بين الطاقة

الشمسية والطاقات الأخرى المعروفة . بالفعل . فالطاقة الشمسية مدعوة قبل أي شيء آخر الى تأمين حاجات محددة لا يمكن الاستغناء عنها أو استبدالها بأخرى .

تهدف سياسة الطاقة في الجزائر الى استغلال كل موارد الطاقة فيها بشكل معتدل . هكذا أصبحت الطاقة الشمسية في هذا البلد مدار اهتمام وهدف استعمال في كل مجال ممكن ان تفيد فيه ...

يبنى برنامج الطاقة الشمسية أساساً على وضع البلاد المشجّع كونه يتعرض دائماً للشمس . بالفعل . تبدو الجزائر من هذه الناحية كأفضل بلد في العالم إذ تقع بين (١٦٠) و (٢٠٠) كيلو وحدة حرارية/سم٢/ سنة . يبلغ معدل ساعات تعرضها للشمس (٢٦٠٠) ساعة سنوياً في عنّابة على الساحل وشريا قرب العاصمة . وفي اماكن أخرى من الصحراء أي بمعدل يتراوح بين (٦) ساعات وثلاثة أرباع الساعة واحدى عشرة ساعة يومياً ...

من ناحية أخرى يبدو السكان قليلي الانتشار في البلاد فيما عدا رقعة ساحلية ضيقة نسبياً . وأخيراً هناك عامل فعّال وهو وجود شبكة مؤلفة من ست محطات للرصد الجوي تكفي حالياً لتقسم كل أرض الجزائر الى خانات . يخطط حالياً لالحاق قياسات الرصد الجوي العادية بقياسات جديدة تتعلق بمختلف مؤلفات الاشعاع الشمسي (العام . المنتشر والمباشر) .

من ناحية البحث في هذا المجال . تملك الجزائر منذ عدد من السنوات تجارب بسيطة لم توضع بعد في حيز التجارب الكبرى .

هناك في الجزائر . محطة شمسية في «بوزارياح» مجهزة بفرن حراري وبسخانة للمياه . ومصاف ومطابخ شمسية يمكن نقلها .

في البداية ، اهتمت الجزائر بأن تشرك في برنامج الطاقة الشمسية عدداً من الوزارات والمؤسسات والشركات الوطنية المهتمة مباشرة بهذا الموضوع . يجري الآن إنشاء مراكز توثيق في مختلف مراكز الأبحاث . ستسمح الدراسة عن الاشعاع الشمسي الجارية حالياً في مركز الرصد الجوي في وهران بانتقاء عدد من الأماكن التي يمكن أن يتم فيها إنشاء مراكز حرارية — كهربائية — شمسية .

يبدو من المهم استعمال محطات آلية متحركة لقياس مختلف الاشعاعات الشمسية ، من نوع تلك المحطات التي يتم تطويرها حالياً في بعض مراكز الأبحاث المتقدمة وذلك بهدف اعطاء معلومات دقيقة .

هناك حالياً عدة برامج في طور التنفيذ أو الاعداد هدفها استعمال الطاقة الشمسية :

الاستعمالات الحرارية في المساكن ، في الزراعة وفي المياه . ستبدأ في القريب دراسة لبناء عدد من القرى الزراعية (الشمسية) .

يجري حالياً صناعة أنواع مختلفة من اللاقطات المسطحة للتجربة ، كما تم تجهيز مكتبة شمسية في «بني عباس» (في الجنوب في قلب الصحراء) ، وستبدأ في القريب أول حملة لقياس مختلف العوامل الشمسية .

يتم حالياً الدرس في المراكز الحرارية — الكهربائية — الشمسية المنخفضة الحرارة . وسيبدأ تنفيذها في القريب . اما بالنسبة للحرارات المرتفعة فيسير برنامج البحث بالاشتراك مع المركز الوطني للبحوث العلمية الفرنسي وفق خطط موضوعة . هناك تجربة تتم في «بوزارياح» : إنشاء مولّد بخار مدروس من قبل الباحثين الجزائريين .

وستقوم في الأشهر القادمة دراسة لقياس نسبة الحبيبات الموجودة في

الهواء الرملي . وذلك بالاشتراك مع الشركة الجزائرية المنتجة للكهرباء . وستحقق أيضاً دراسة لمرآة تعكس أشعة الشمس في اتجاه واحد بالاشتراك مع الـ

فيما يخص الكيمياء الشمسية . تهتم الجزائر بانتاج الهيدروجين . كذلك يشجع وجود الرمل والشمس في الجزائر اطلاق الأبحاث بهدف اعداد مواد حرارتها منخفضة وتكون ذات فائدة اقتصادية .

تمت مبادلات هادفة بين عدد من البلاد وذلك بغية تحقيق البرنامج الشمسي .

كانت فرنسا بين هذه البلاد ؛ لأسباب سياسية وجغرافية وكذلك لأن العلماء في البلدين يعرفون بعضهم بعضاً .

هكذا تم توقيع عقد بين المركز الوطني للبحوث العلمية الفرنسي والمؤسسة الوطنية الجزائرية للأبحاث العلمية للمشاركة في ميدان الطاقة الشمسية . يجمع عدداً من الاهتمامات المشتركة بين فرنسا والجزائر .

وسيتم في القريب عقد اتفاق آخر مع وكالة الطاقات الجديدة يهدف الى عدد من الأبحاث من بينها اجراء الاختبارات وتحقيق بعضها على النطاق الواسع .

البرنامج المصري للطاقة الشمسية :

يهتم بأمور البحث عن الطاقة الشمسية وتطويرها في مصر . كل من : مختبر الطاقة الشمسية . المركز الوطني للأبحاث . معهد الصحراء . لجنة الأبحاث عن الطاقة . اكاديمية الأبحاث العلمية والتقنية . والجامعات في القاهرة وعين شمس .

يتحمل وزير النفط مسؤولية التنقيب عن المحروقات المتحجرة بما في ذلك من عمليات حفر واستخراج ، ومن ثم تكرير وتوزيع .

يشرف من ناحية أخرى ، وزير الكهرباء ، على انتاج وتحويل وتوزيع الكهرباء .

منذ عام (١٩٧٦) ، اتخذت الوزارة الأخيرة مسؤوليات أكبر فشملت في الوقت ذاته أعمال الكهرباء والطاقة على مختلف أنواعها العادية وغير العادية بما في ذلك النووية ، الشمسية والهوائية .

فيما بعد ، أخذ يتوضح الدور الكبير الذي ستلعبه الطاقة الشمسية في المستقبل كمنتج للطاقة . من هنا أخذت أجهزة التخزين المستندة على موارد غير المحروقات المتحجرة ، طابعاً مهماً وحيوياً . ذلك أن ارتفاع سعر الوقود في الأربع سنوات الأخيرة وخاصة في سنة ١٩٧٧ قد نبّه الى كون تخزينات المحروقات المتحجرة تنقص بسرعة . مع العلم ان هذا النقص كان مجهولاً ومهملاً حين كانت أسعار الوقود رخيصة ، وقد استفاد العالم من ذلك أكثر مما يجب ، معتقداً أن التخزينات كافية .

في سنة (١٩٧٤) ، اشترك المهندس أحمد سلطان ، رئيس الحكومة آنذاك ووزير الكهرباء والطاقة ، في المؤتمر العالمي للطاقة في ديترويت في الولايات المتحدة الأميركية . كان موضوع المؤتمر : التنبه الى الحاجات المستقبلية للطاقة من ناحية الاقتصاد والبيئة . لقد وضّح هذا المؤتمر ميزات الطاقة الشمسية ، وبيّن ضرورة اجراء الأبحاث وتطويرها بهدف استعمالها ، والاستفادة منها عملياً واقتصادياً .

في سنتي (١٩٧٥) و(١٩٧٦) ، ازداد اليقين بضرورة استعمال الطاقة الشمسية في مصر ، نظراً لتوفر الشروط فيها ، وذلك بعد الزيارات التي

قامت بها بعثات مصرية الى النمسا ، فرنسا ، المانيا ، ايطاليا والولايات المتحدة الأميركية .

في سنة (١٩٧٦) ، زار مصر المسؤول الفرنسي الأول عن الطاقات الجديدة ، وقد ادّت المفاوضات الى عقد معاهدة بين البلدين في ميدان الطاقات الجديدة .

إنشاء اللجنة المصرية للطاقة الشمسية :

بفضل الجهود التي سبق ذكرها ، وبفعل المشاريع المستقبلية لمختبر الطاقة الشمسية واكاديمية الأبحاث العلمية والجامعات . انشأ وزير الكهرباء والطاقة « اللجنة المصرية للطاقة الشمسية » .

بعد سنة من البحث والاستقصاء . وضعت اللجنة مشاريع للتطبيق في المجالات التالية :

١ — تأمين المياه الساخنة للاستعمال في المنازل ، المستشفيات ، المدارس ، اماكن الرياضة ، الثكنات ...
٢ — مكيّفات الهواء .
٣ — التبريد ، بما في ذلك التجليد .
٤ — ضخّ المياه بهدف الريّ ، أو بهدف تصريف المياه الزائدة ، أو بهدف التخزين .
٥ — تحلية المياه المالحة والمرّة .
٦ — انتاج الكهرباء .
٧ — المعالجة الطبيعية والنقاهة .

تستفيد اللجنة المصرية للطاقة الشمسية من الاتفاقات التي تمت أو التي ستتم مع فرنسا ، المانيا والولايات المتحدة الأميركية وغيرها من البلاد بهدف

المشاركة في تخطيط وتنفيذ المشاريع في المجالات المذكورة سابقاً في افريقيا والبلاد العربية .

ستعمل هذه اللجنة ، على المدى الطويل ، كمجموعة مهندسين — مستشارين مستندة في ذلك على اعضائها ، وعلى مستشارين من مصر ومن الخارج للتطبيقات المستقبلية، بهدف توحيد عمل تجهيزات الطاقة الشمسية التي ستستعمل في مصر ، لتسهيل عمليات التبادل .

استعمال الطاقة الشمسية في مصر :

يبلغ عدد السكان في جمهورية مصر العربية (٣٨) مليوناً ونصف . يقابل هذا العدد مساحة تبلغ مليون كم٢ . يصل طول الشاطىء المصري الممتد على البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر (٢٩٣٦)كم٢ . منها على البحر الأحمر (١٩٤١)كلم . يمكن أن تقسم مصر جغرافياً الى ثلاث مناطق كبيرة .

— وادي النيل (Haute Egypte et Basse Egypte)
— الصحراء العربية (الصحراء الشرقية)
— الصحراء الليبية (الصحراء الغربية) .

نجد بين هذه المناطق الثلاث اختلافات ظاهرة في طبيعة الأرض ، في تفاوت الحرارة ، انتشار مياه الشرب ، كثافة السكان ، سهولة التنقل على الطرق أو بسكة الحديد ، تقارب نقط توزيع الوقود الموجودة أو الممكن ايجادها ، ... بالاضافة الى هذه الفروقات التي جئنا على ذكرها ، نجد في مصر مناطق عديدة شبيهة بأخرى في البلاد الافريقية والبلاد العربية .

يبدو من السهل جداً تطبيق الأبحاث والتطورات التي بدت هامة في مصر في مجال الطاقة الشمسية على العديد من البلاد الأخرى .

تقع مصر بين خطوط العرض : (٣٠) درجة و(٢٤) درجة شمالية .

تتراوح ساعات تعرضها للشمس سنوياً بين (٣٦٠٠) و(٤٠٠٠) ساعة ، بينما تتراوح الكثافة الشمسية يومياً بين (٤٠٠٠) و(٨٠٠٠) كيلو وحدة حرارية لكل متر مربع في القاهرة وبين (٦) و(٩) آلاف كيلو وحدة حرارية لكل متر مربع في اعالي الدلتا .

في وادي النيل حيث لا تبلغ المساحة إلا (٦٪) من الأرض المصرية . تساهم تسهيلات عديدة ، من ريّ الأراضي ، إزالة المياه الزائدة ، سهولة التنقل ، امدادات الكهرباء ، توفر الوقود المتحجر ... ، في زيادة عدد السكان هناك . يمكن في هذه المنطقة ان تستعمل الطاقة الشمسية في التدفئة وفي ضخ المياه في الأماكن المعزولة .

أما في المناطق الصحراوية : الصحراء العربية والصحراء الغربية حيث تقل كثافة السكان خاصة في واحة سيوا ، بهارية ، الدقلا ، الخارقة ، وادي النطرون وفي الوادي الجديد .

يمكن أن تستعمل الطاقة الشمسية اقتصادياً في الآبار الارتوازية ، في تحلية المياه المالحة وفي تطبيقات المصابيح الكهربائية التي تعمل بتأثير الضوء ، بهدف الاتصال عن بعد .

يمكن أيضاً الاستفادة من الطاقة الشمسية لتحلية مياه البحر في المناطق الساحلية .

يعطينا مشروع منخفض (Quattara) القطارة مثالاً عن إمكانية استعمال الطاقة الشمسية في تبخير مياه البحر . ان انسياب (٦٠٠) متر مكعب من مياه المتوسط في الثانية نحو المنخفض بواسطة نفق وأقنية مكشوفة طولها (٨٠) كلم يجعل التبخر بواسطة الطاقة الشمسية عملية ممكنة في البحيرة التي ستوجد هكذا على انخفاض (٦٠) متراً تحت سطح البحر .

ستبلغ القوة الموضوعة (٣٠٠) ميغاواط والطاقة المنتجة (٢.٥) مليار كيلو واط ساعة في السنة .

يحيط بالمنخفض من ناحية الشمال جبل منحدر ذو انخفاض طبيعي ابتداء من قمّته . يمكن إذن استعمال ضخ مياه البحر لملء هذا الخزان الطبيعي وتحويله بالتالي الى بحيرة تقع على (٢٣٠) متر فوق سطح البحر .

تقوم مصر حالياً بالمساهمة مع الحكومة الألمانية . بسلسلة دراسات تطبيقية وأبحاث بهدف بناء مركز ضخ تتراوح قوته بين (٥) آلاف و(١٠) آلاف ميغاواط يتصل بشبكة الكهرباء المصرية الموحدة . ويخطط لوصله في المستقبل بشبكة شمالي افريقيا .

استعمال الطاقة الهوائية في مصر :

نجد في المناطق الساحلية حيث تصعب امكانيات التنقل . نقصاً في مياه الشرب ، مياه الري وتوزيع الوقود والكهرباء .

سجلت المعلومات سرعة في الرياح تراوحت بين (١٦) و(٢٣) كلم في الساعة .

يتم منذ سنة (١٩٧٣) تنفيذ برنامج عمل في وزارة الكهرباء والطاقة من هنا يفسر اقتصادياً استعمال الطاقة الهوائية في هذه الأماكن حيث بمساهمة جامعة اوكلاهوما تشرف عليه المؤسسة العلمية الوطنية في الولايات المتحدة (N.S.F.) هدفه انتاج تجهيزات محلية لانتاج الكهرباء وللضخ الهوائي .

مواضيع المؤتمر العالمي حول الطاقة الشمسية :

التدفئة بالمياه الساخنة :

هذا الميدان يعطي مجالاً لتطبيقات اقتصادية والهدف من ذلك الانتاج

المحلي التجهيزات في المنازل ، المستشفيات ، المدارس اماكن الرياضة ، الثكنات ،...

يدير مختبر الطاقة الشمسية منذ سنة (١٩٥٧) ابحاثاً حول فعالية لاقط مسطح عادي مزجج من ناحية واحدة ، بلغ مردوده (٥٠٪) مع منسوب مائة ليتر في المتر المربع في اليوم وارتفاع في الحرارة وصل الى (٣٠) درجة حرارية .

تعطي الحاسبات الالكترونية حسب دراستها نظرياً زيادة للرقم السابق في حال استعمالنا لاقطاً منحني الصفحة ، تبلغ الزيادة (١٤٪) عندما تكون زاوية الانحناءة مساوية للزاوية الموجودة بين مداري السرطان (المنقلب الصيفي) والجدي (المنقلب الشتوي) .

يشمل البرنامج الأولي للجنة المصرية للطاقة الشمسية على تجهيز ألف وحدة في سنتي (١٩٧٧ — ١٩٧٨) لها أهميات كثيرة وبالتالي الانتاج الفعلي لخمسة آلاف وحدة سنوياً .

هندسة وإسكان :

سيؤخذ بالاعتبار التقاط الطاقة الشمسية واستعمالها في اعادة بناء مدن بور سعيد ، الاسماعيلية ، السويس وكذلك في تخطيط وهندسة المدن الجديدة ، وأيضاً في بناء الفنادق والموتيلات على طول شاطىء البحر الأبيض المتوسط وساحل البحر الأحمر واماكن أخرى وأيضاً في المستشفيات الجديدة والمدارس واماكن الرياضة ...

ان اللجنة المصرية للطاقة الشمسية مستعدة لتقبل كل الأفكار والتطبيقات الجديدة من العالم أجمع .

تكييف الهواء :

تقدم منطقة وادي النيل (Haute Egypte) ومدينة القاهرة حقلاً واسعاً لاجراء التطبيقات . يزداد الطلب في هذه المناطق لتكييف الهواء عند اشتداد تعرضها للشمس ، لذا وللاستفادة اقتصادياً من الوضع ، يجب تأمين لاقط لأشعة الشمس .

تحلية المياه :

بدأ مختبر الطاقة الشمسية سنة (١٩٥٨) أعمال البحث والتنمية مهتماً بفريق التحلية هادفاً الى تأمين الحاجات الملحّة في المناطق الشاسعة المحتاجة الى مياه الشرب . تستند العملية على التقطير ، ناظرة الى مرحلتي التبخّر واعادة التركيز من ناحية مردودهما فقط . يجري تحسين المردود بالاستفادة من غرفة بغرفتين يتم فيها استعمال التأثير ودورة مياه باردة ، وإن أردنا مردوداً أفضل زوّدت غرفة التركيز بمياه للتبريد مع اجنحة معدنية مثبتة في جدران هذه الغرف .

كان موضوع نشرة المؤتمر العالمي لانتاج المياه الحلوة ابتداء من مياه البحر المنعقد في «الجيرو» في ساردينيا سنة (١٩٧٦) : «في كلفة القطارات الشمسية» .

يبدو حقل التحلية في مصر شاسعاً . لذا فتحت اللجنة المصرية للطاقة الشمسية المجال واسعاً أمام كل مشاركة عالمية تهتم بالقطارات الصغيرة المتحركة للمياه المرّة والمالحة .

الاتصالات الشمسية :

بدأت الأبحاث لتخزين الطاقة الشمسية بواسطة الحلّ الكهربائي

(electrolyge) في مصر سنة (١٩٧٦) . تحت رعاية «لجنة الأبحاث حول الاتصالات البعيدة» و «اكاديمية الأبحاث العلمية والتقنية» . وسيتم قريباً نشر النتائج الحاصلة .

استعمال الطاقة الشمسية في الزراعة :

(وأم . تجفيف . ضخ . كذلك بواسطة الطاقة الهوائية) .

يستعمل الوأم في مصر في المناطق الساحلية . ويتم تجفيف المحاصيل بواسطة الطاقة الشمسية بشكل طبيعي ومعروف . ويؤمن ضخ المياه بواسطة الطاقة الشمسية وكذلك الهوائية مجالاً واسعاً لمختلف المنسوبات والأجهزة بقوى تختلف حسب الأماكن .

من المثير للاهتمام ربما . أن نذكر أنه في سنة (١٩١٣) في المعادي في القاهرة ، اشتغلت بنجاح أول محطة عالمية للريّ بواسطة الضخ (بدورة رانكين) لمدة خمس ساعات في اليوم .

الكهرباء الشمسية :

ديناميكا حرارية منخفضة الحرارة :

ان هذا الميدان تطبيقات عديدة في مصر نظراً لبساطة التجهيزات . ولتنوع القوى المهيّأة وكذلك لامكانيات الاستفادة منها دون مشاكل فتطبيقها لا يتطلب تقنيين ذوي اختصاص عالٍ .

مصابيح تيارية بفعل الضوء :

تثير هذه التطبيقات الاهتمام نظراً لاحتياجها الضروري في الأماكن

المعزولة التي تحتاج لمضخات صغيرة لتأمين مياه الشرب والري . تقوم المفاوضات حالياً لانشاء مضخات من هذا النوع في وادي سدر في سيناء . يسمح مردود المضخات بتعبئة بطاريات تستعمل في الاتصالات وفي أجهزة الراديو والتلفزيون .

المراكز ذات الطاقة القوية والمعتدلة :

تتابع مصر حالياً باهتمام كبير أعمال البحث والتنمية في هذه المجالات ، الاّ أنها تجد كلفتها مرتفعة . يرتئي بعض المهندسين المصريين امكانية استعمال مراكز شمسية فائقة تبلغ قوتها قرابة (٢٠٠) ميغاواط في « نجع حمادي » وفي اسوان . يمكن تأمين وصلها بشبكة الكهرباء المصرية الموحدة .

يتعلق البدء بالتنفيذ بسعر الكلفة وبالانتهاء من برنامج التنمية الكهرمائي . بما في ذلك من تجهيز المضخات والتخزينات التي هي حالياً قيد الدرس والتي سيبدأ بالعمل فيها في القطارة والسويس وفي القاهرة ، بعد التخزين بواسطة الضخ . ستتمكن الشبكة المصرية الموحدة بسهولة من أخذ الطاقة الشمسية خلال ساعات وجود الشمس والاعتماد على موارد الطاقة الأخرى بعد غيابها .

على كل حال . بدأ عمل اختباري صغير في مختبر الطاقة الشمسية وتدور المفاوضات في وزارة الكهرباء والطاقة من أجل انشاء وحدة اختبارية بالاشتراك مع جامعة « ماريلاند » في الولايات المتحدة الأميركية .

برنامج الكويت للطاقة الشمسية :

تقع مسؤولية الأبحاث والتنمية في موضوع الطاقة الشمسية في

الكويت ، على عاتق معهد الكويت للبحوث العلمية . بدأ برنامج الطاقة الشمسية في هذه المؤسسة سنة (١٩٧٦) . فبعد المرور في مرحلة تحديد البرنامج والبحث عن فريق العمل بدأت مرحلة الاتفاق مع الأشخاص للعمل في البرنامج في أيلول ــ سبتمبر (١٩٧٦) .

يشمل البرنامج بين مواضيع° دراسته موضوعاً رئيسياً وهو تقييم الطاقة الشمسية كمورد وطني في الكويت .

بانتظار ايجاد جواب على هذا الموضوع لمعرفة كمية الطاقة الشمسية التي يمكن أن تستعمل في الكويت ، قام المسؤولون بالتعرف الى قطاعات عديدة في هذا المجال لتحديد ، نوعياً هذه المرة ، الطاقة التي ستستعمل في الكويت .

بدأت الأبحاث في هذه القطاعات منذ سنة (١٩٧٦) وهذه لائحة بها :

ــ تبريد وتدفئة المنازل .
ــ التحويل الشمسي ــ حراري .
ــ تطبيقات زراعية للطاقة الشمسية .

يتم أيضاً تنفيذ عدد كبير من المشاريع في هذا المجال . وهذا بعضها :

التبريد الشمسي وتدفئة الأبنية :

المنزل الشمسي المتحرّك :

يتعلق الموضوع باختبار تجريبي تمّ تنفيذه في تسعة أسابيع بمساهمة مؤسسة التقنيات في «جورجيا» في الولايات المتحدة . يدفأ المنزل المتحرك ويبرّد بواسطة الطاقة الشمسية ويستفاد كذلك من هذه الطاقة لتأمين المياه الساخنة فيه .

تعتبر المرحلة الآن مرحلة اختبار لهذا المنزل المتحرك وقريباً سيتم تجميع نتائجه .

الجهاز الشمسي :

استأجر «معهد الكويت للبحوث العلمية» وحدة عمل كاملة (حرارة ، تبريد ، رطوبة ، ازالة الرطوبة) من (Gaz Development Corporation) في الولايات المتحدة . وغيّرت الشركة في الوحدة حسب طلبات الكويت لتحويلها من وحدة اختبارية الى وحدة تساعد في البحث ويمكن استعمالها في البيئة الكويتية .

يتم حالياً وصل جهاز طاقة شمسية بهذه الوحدة ، حتى تعمل اساساً على الطاقة الشمسية .

يعد الجهاز الشمسي إذن بأعمال عديدة في منطقة الخليج ، لأسباب كثيرة وخاصة لأنه يستعمل كميات مياه قليلة بعكس مكيّفات الهواء الكثيرة الامتصاص ، وهذا أمر ينظر اليه بعين الاعتبار في الكويت كما نعلم .

لاقطات شمسية :

تجرّب حالياً ، أكبر اللاقطات المجهزة في الولايات المتحدة ، في البيئة الكويتية . هناك أيضاً أعمال في حيز التنفيذ لتطوير اللاقطات المحلية في الكويت . ثمة آلة واعدة للمستقبل وهي آلة تدفئة شمسية للهواء ، تخزن الطاقة الشمسية بدقة يومية تعادل (٥٠٪) تقريباً وبخسارة في الضغط قليلة جداً .

تتضمن المشاريع لسنة (١٩٧٨) ، تدفئة مدرسة ومعمل وأربعة أبنية تملكها وزارات الكهرباء والماء والاسكان . ويقدر ، جدياً وفي أقرب

وقت . بناء مصنع للاقطات في الكويت .

ان هدف برنامج التبريد والتدفئة الشمسي للأبنية هو ايصال هاتين العمليتين الى مرحلة المنافسة التجارية في الكويت خلال الثماني سنوات القادمة ، بشكل تقل فيه المواد المستوردة .

التحويل الشمسي — الحراري :

ترتأى في الكويت وضع وحدة تتراوح بين مائة ومائتي كيلوواط للتحويل الشمسي — الحراري وتكون ذات طابع اختباري . يتم حالياً دراسة مقترحات لعدد من المؤسسات العالمية في هذا المشروع .

تطبيقات زراعية للطاقة الشمسية :

المشاريع التالية هي حالياً قيد الدرس :

— تصاميم لوأم يلائم البيئة الكويتية .
— تحلية شمسية تعمل في الليل أيضاً .
— تنمية مركب غذائي/مائي/طاقي .

لا تزال حالياً هذه الأفكار في طور المشاريع وستعبر قريباً الى مرحلة النماذج .

وفي النهاية ، نذكر معلومات عن البرنامج الشمسي في الكويت :

— يتألف فريق البحث من (١٥) عضواً . يجب أن يكبر الفريق ليصل خلال هذه السنة الى (٢٥) باحثاً .
— تبلغ الميزانية السنوية (٧٥٠) ألف دولار أميركي وستزداد طبعاً خلال سنة (١٩٧٨) .

— تهدف الكويت الى انشاء مكتبة مستحدثة عن الطاقة الشمسية .
— هناك اتفاقات مع الجامعات الأميركية تسمح بتبادل الطلاب المتخصصين وأفراد الكليات . تستقبل الكويت على الأخص الطلاب المتخصصين الذين سيكتبون بعد انهاء حلقة دراستهم في الولايات المتحدة . اطروحتهم في الكويت .
— تقوم الكويت بمعالجة قسم من عملها في بلاد أخرى . خاصة في القطاعات التي تراها مكلفة ومضيعة للوقت مع العلم أنها مشاريع لا تشكل ضرورة حيوية للبلد .

تقرير الأونيسكو حول الطاقة الشمسية في تنمية الدول العربية (مؤتمر كاستعرب – ١٩٧٦) :

لقد استحوذت الطاقة الشمسية مؤخراً على اهتمام كبير بوصفها مصدراً هاماً للطاقة في المدى البعيد . نظراً (١) للنضوب المتسارع للاحتياطيات المعروفة من موارد الطاقة غير المتجددة كالبترول والغاز الطبيعي . و(٢) القلق المتزايد على البيئة نتيجة انتشار محطات توليد القوة النووية . و(٣) ارتفاع أسعار الطاقة .

ومن الأحداث الدولية الأخيرة فيما يتعلق بتنمية استخدام الطاقة الشمسية المؤتمر الدولي عن «الشمس في خدمة الانسان» الذي عقد برعاية اليونسكو وبمقرها من (٢) الى (٦) يوليو/تموز (١٩٧٣) . وقد نظمت اليونسكو قبل ذلك المؤتمر فريق عمل دولي اتخذت النتائج التي توصل اليها أساساً لأنشطة المنظمة في هذا المجال سنة (١٩٧٤) . وان بعض الأفكار الهامة التي برزت أثناء المؤتمر جديرة بأن نوجزها هنا نظراً لأنها تتعلق بطرق وامكانات جديدة للتعاون الدولي والاقليمي في مجال الطاقة الشمسية

واستخدامها . ويمكن الاسترشاد بها في مناقشات مؤتمر كاستعرب لهذا الموضوع .

وقد ظهرت في المؤتمر واقعية ملحوظة فيما يتعلق بتخطيط أنشطة البحوث في مجال الطاقة الشمسية وبتنفيذها وبالمشكلات الاقتصادية المتصلة بها . وجرى التأكيد مراراً على اتساع نطاق العوامل الاقتصادية المتصلة بذلك وتنوعها الشديدين . بما في ذلك التنبؤات الاقتصادية . كما كان هناك تأكيد على أن الطاقة الشمسية يجب أن تعتبر مصدراً اضافياً للطاقة وبديلا ممكناً . بالنظر الى مشكلات البيئة المرتبطة بمصادر الطاقة التقليدية .

وقد تجلى الاهتمام الخاص الذي أولي للمشكلات المتعلقة بالامدادات الصغيرة من الطاقة الشمسية (اتفق على تعريفها بما يتراوح بين ١٠٠ واط وحوالي ٢٠ كيلوواطاً) . بتنظيم مناقشة «مائدة مستديرة» لم تكن مقررة سلفاً وضمت حوالي ٧٠ مشتركاً . وقد أسفرت عن اتفاق عام على أن مسألة تطوير واستخدام امدادات الطاقة الصغيرة التي تعتمد على الطاقة الشمسية مشكلة **اقتصادية واجتماعية وتنظيمية** أكثر منها مشكلة تقنية . ويمكن اليوم بناء محطات يعتمد عليها للطاقة الشمسية ولا تحتاج الى قدر كبير من الصيانة ويمكنها **في بعض الحالات** أن تنافس مصادر **محلية** أخرى للطاقة بمراعاة بعض المشكلات مثل نقل الوقود ومدى توافر قطع الغيار . على أن هذه القدرة على المنافسة لن تحقق قبل انتاج وحدات شمسية باعداد معقولة ان لم يكن بالجملة . وتتطلب مثل هذه القرارات معلومات أكثر دقة مما هو متاح حتى الآن عن الطلب الكلي المحتمل كما تتطلب تحليلات تفصيلية لنسبة التكلفة الى العائد .

ويمكن أن نلاحظ اليوم استعداداً جديداً لتعاون نشط في مجال الطاقة الشمسية بل ولارتباطات اقتصادية من جانب الدول الصناعية . ويبدو أنه

أمكن بالفعل تطبيق مفاهيم تقنية تتفق ومتطلبات البلاد النامية والمتقدمة على السواء . وتشجع المنظمات الدولية . وبخاصة اليونسكو . تشجيعاً قوياً المبادرات المؤدية الى مثل هذه التطورات . ولكنه يمكن عمل المزيد في هذا المجال .

(أ) الخلايا الشمسية :

ربما كانت أهم نتيجة توصل اليها المؤتمر هي الاستمرار في الاتجاه الجديد لتحويل استخدام تطبيقات الأجهزة الفوتوفولطية (الخلايا الشمسية) من الأغراض الفضائية الى الأغراض الأرضية . فالتحويل المباشر للطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية . عن طريق التأثير الفوتوفولطي . قد ظل الى وقت قريب باهظ التكاليف .

وطالما كانت هناك برامج واسعة وممولة من الحكومات لبحوث الفضاء . لم يكن لدى المنتجين حافز لاستكشاف أسواق جديدة . وقلما كان سعر الـ(١٠٠) دولار للواط الواحد من الطاقة المنتجة موضع تساؤل . غير أنه مع التخفيض الذي حدث مؤخراً في برامج بحوث الفضاء . اضطر المنتجون الى البحث عن أسواق جديدة لمنتجاتهم . وأسفرت هذه الجهود عن انتاج الخلايا الشمسية بالجملة تقريباً . مما خفض ثمن الطاقة المنتجة الى حوالي(٢٠)دولاراً للواط . ورغم أن هذا الثمن الأخير لا يزال مرتفعاً بالمقارنة بمتوسط تكلفة الطاقة التقليدية الذي يقل عن دولار واحد للواط . فانه يلاحظ أن هناك الكثير من المناطق النائية ومن التطبيقات التي يمكن فيها اعتبار انتاج الطاقة اقتصادياً حتى ولو كان بعشرين دولاراً للواط . وتشير التقديرات التي تجري حالياً في الولايات المتحدة الى امكانية تحقيق تخفيضات كبيرة أخرى في التكلفة من خلال انتاج وحدات الخلايا الشمسية بالجملة .

ومن المؤكد أن أهم تقدم تحقق في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية يتعلق بالخلايا الشمسية التي تنتج الآن بالجملة في الولايات المتحدة الأمريكية . ونظراً لأن هذه التكنولوجيا هي التي تهيء حالياً أكبر تشكيلة من التطبيقات . مما يمكن من تحويل الاشعاع الشمسي مباشرة الى طاقة كهربائية بكميات صغيرة وبكميات كبيرة الى حد معقول . فان المضي في تنميتها يؤمن طاقة اقتصادية عظيمة وقد تود الدول العربية . فرادى أو مجتمعة . أن تشارك فيها . ويمكن أن تأخذ مثل هذه المشاركة أشكالاً متعددة تشمل الاستثمار المباشر لرؤوس الأموال في الشركات المنتجة . واتفاقات التراخيص . وتدريب العلميين والمهندسين العرب في البلاد المتقدمة صناعياً . والبحوث والتنمية الذاتية التي تجري داخل الدول العربية .

(ب) المضخة الشمسية :

ومن التطبيقات الهامة الأخرى للطاقة الشمسية ما يسمى بالمضخة الشمسية . وقد جرى تشغيل أول نموذج تجريبي في داكار (السنغال) يستخدم مجمعاً مساحته (١٢) متراً مربعاً (١٣٠ قدماً مربعاً) ويضخ (١١٣٥) لتراً (٣٠٠ جالون أمريكي) من الماء في الساعة . وقد أخذ هذا النوع من الآلات يتطور منذ ذلك الوقت . وتعتبر أحدث النماذج التي يجري استخدامها الآن على نطاق واسع في المكسيك والبرازيل . وهي تستخدم محركاً توربينياً بدلاً من محرك ذي كباس وتنتج طاقة كهربائية تصل الى (٣٣) كيلوواطاً في الساعة . انجازاً باهراً بالمقارنة بالنموذج الأصلي الذي يستخدم محركاً بكباس والذي كان ينتج كيلوواطاً واحداً في الساعة . وتشير نتائج المشروعات الجارية في هذا المجال الى أن المحركات الشمسية الترموديناميكية تستطيع أن تنتج في المستقبل القريب طاقة تصل الى (١٥٠)

كيلوواطاً في الساعة . ورغم أن هذه المحركات لا تزال مكلفة نسبياً الا أن مواءمتها وتركيبها يمكن أن يكونا مفيدين في بعض أنحاء المنطقة العربية لانتاج الكهرباء ولضخ مياه الشرب والري .

وتعد المضخة الشمسية مثالاً على التحويل الترموديناي للطاقة الشمسية الى كهرباء على نطاق ضيق . وتجري حالياً دراسة عدة امكانات لتطبيقات واسعة النطاق للتحويل الترموديناي عن طريق محطات كبيرة للطاقة الشمسية . وهناك فكرتان أساسيتان تجري دراستها . وتعتمد الفكرة الأولى على امتصاص الطاقة الشمسية وتحويلها الى حرارة في مجمعات كبيرة **مقامة على الأرض** . وقد تناسب هذه الفكرة بصفة خاصة الكثير من البلاد العربية حيث يتطلب بناء مثل هذه المصانع الحرارية الشمسية للطاقة مساحات واسعة نسبياً من الأرض كما يحتاج الى أشعة الشمس على مدار السنة . أما الفكرة الثانية التي **ترتكز على المحيطات** ، فتستخدم سطح المحيطات المدارية ودون المدارية كمجمع للطاقة لا يكلف شيئاً وكأداة كذلك لتخزين الحرارة .

(ج) تطبيقات أخرى :

وهناك تطبيقات متعددة أخرى للطاقة الشمسية : لتسخين الماء ولأغراض منزلية مختلفة ، ولازالة ملوحة المياه ، ولتكييف الهواء ، ولتبريد الأغذية ، ولكن كل هذه التطبيقات المختلفة لا تكون ذات أهمية أو مبرر اقتصادي الا في ظروف معينة . فالتدفئة و/أو تكييف الهواء للأغراض المنزلية لا تكون ممكنة الا في حدود حجم معين من المنازل .

ومن ثم يقتضي الأمر تأمين تعاون وثيق جداً مع الهيئات المسؤولة عن تخطيط المدن حتى لا تتجاوز المنازل حجماً معيناً يصبح معه استخدام

الطاقة الشمسية أمراً غير ممكن عملياً . وقد نجد مثالاً جيداً على هذا النوع من التعاون في مدينة السادات المقرر انشاؤها في مصر ، حيث يعتزم بناء منازل صغيرة تزود قدر الامكان بجميع أنواع أجهزة الطاقة الشمسية المعدة للاستعمال المنزلي . وقد يود المؤتمر تشجيع التعاون بين مصر والدول العربية المعنية الأخرى من أجل تبادل الخبرات العملية المكتسبة في هذا المجال .

ومن الوصف الموجز لتطبيقات الطاقة الشمسية سالفة الذكر نرى أنه لا تزال هناك مشكلات كثيرة ينبغي حلها لجعل الطاقة الشمسية مصدراً ينافس مصادر الطاقة الأخرى . وعلى الرغم من أن التكنولوجيات الشمسية المتقدمة تستطيع انتاج الطاقة في أجواء تكثر بها السحب فانه لا يمكن الحصول على الطاقة أثناء فترات المطر أو في الليل . وهذا يطرح مشكلة تخزين الطاقة على نطاق واسع . وهي مشكلة لا تزال الى حد بعيد دون حل . ويمكن استخدام البطاريات لكميات أصغر من الطاقة الكهربائية . ويمكن بطبيعة الحال استخدام الطاقة الشمسية في حال وجودها لضخ المياه الى خزان أعلى مستوى يتصل بمحطة لتوليد الكهرباء بالقوة المائية بحيث يمكن توليد الكهرباء ليلاً وخلال الفترات غير المشمسة . ولكن هذه الطريقة مقصورة على المناطق الجغرافية التي توجد فيها كميات كبيرة من المياه واختلافات كافية في مستويات الارتفاع .

وقد نجد بعض مشكلات تخزين الطاقة حلاً لها في تنفيذ اقتراح أعده أحد علماء الطاقة الشمسية العرب بالتعاون مع مهندسين من معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا بالولايات المتحدة الأمريكية . ويهدف هذا الاقتراح الى بناء محطة لتوليد الكهرباء بالشمس والماء معاً . ويتطلب تنفيذ الاقتراح اقامة سد يربط المملكة العربية السعودية بالبحرين ويربط البحرين بقطر . وسيتمخض ذلك عن اقامة سد كبير هو سد «دوحة سلوه» .

وسيكون طوله بين المملكة العربية السعودية والبحرين ١٩ كيلومتراً (١٢ ميلاً) وطوله بين البحرين وقطر (٣٨) كيلومتراً (٢٤ ميلاً). ونظراً لضحالة البحر في المنطقة المقترحة فلن يحتاج الأمر الى أشغال هندسية معقدة لبناء السد. وقد حسب أن التبخر سيخفض منسوب الماء داخل السد تدريجياً بحوالي (١٢) متراً وبذلك ينحسر الماء عن رقعة جديدة من الأرض تبلغ مساحتها حوالي (١٤٥٠) كيلومتراً مربعاً (١٦٠٠ ميل مربع) على امتداد الشاطىء. ويقدر أنه عقب تشغيل السد يمكن انتاج حوالي (٣٠٠) مليون كيلوواط/ساعة سنوياً بواسطته بمجرد أن تصل دوحة سلوه الى (١٣.٤٠) متر (٤٤ قدماً) تحت سطح البحر. وقد بدأ بالفعل استخدام التوربينات لمحطات القوة الكهربائية المائية التي تعمل في المياه المالحة وفي ظل اختلافات صغيرة في الارتفاع. مثل المحطة الفرنسية التي تعتمد على حركة المد والجزر عند مصب نهر رانس. ومن المتوقع أن يصبح خليج دوحة سلوه قناة تبخر طولها (١٤٠) كيلومتراً (٨٧ ميلاً) وعرضها (١٦) كيلومتراً (١٠ أميال) في المتوسط. وستدفع المياه الآتية من الخزان التوربينات ثم تتبخر وهي تتحرك صوب آخر القناة. وسيترسب ملح البحر أثناء هذه العملية. ويمكن استخدام القناة بأكملها كمصنع لاستخلاص الملح واقامة صناعات متخصصة لانتاج الملح على طول شاطئيها. بل ان هناك ما هو أهم من ذلك تقنياً. وهو امكان انتاج حوالي (٤٥٠٠٠) طن سنوياً من المغنسيوم من رواسب كلوريد المغنسيوم. وتنفيذ هذا الاقتراح لا يبشر فقط بانتاج كميات كبيرة نسبياً من الطاقة ولكنه يهيىء الفرص أيضاً لاقامة صناعات مختلفة.

ورغم ان اقتراحات بعض المشروعات مثل مشروع دوحة سلوه ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالاعتبارات الجغرافية. فان ظروفاً مماثلة يمكن أن توجد في أماكن أخرى من المنطقة العربية كمنخفض القطارة مثلاً في مصر.

(د) اقتراحات لإقامة مشروعات مختارة :

بناء على اقتراح من اجتماع الخبراء التحضيري لمؤتمر كاستعرب (الكويت). عقدت اليونسكو بالقاهرة من (٢٧) الى (٣٠) اكتوبر/تشرين الأول (١٩٧٥). اجتماعاً لفريق من الخبراء العرب في تطبيقات الطاقة الشمسية لمناقشة الوضع الحالي للأنشطة المتعلقة بالطاقة الشمسية في البلاد العربية ولاعداد مقترحات محددة لنشاط مشترك يبحثها مؤتمر كاستعرب بهدف تعزيز التطبيقات العملية للطاقة الشمسية في المنطقة العربية . وينبغي عند مناقشة الاقتراحات التي أعدها فريق الخبراء العرب في تطبيقات الطاقة الشمسية مراعاة بعض التحديدات . فعلى عكس الرأي الذي ساد في وقت من الأوقات بأنه يجب التأكيد بالأحرى على تطبيقات الطاقة الشمسية لا على بحوثها . أصبح من المعترف به الآن أنه من الضروري بذل جهود هامة من البحث والتنمية في الدول ذات المستوى العالي من التصنيع والدول النامية على السواء لتحسين الانتفاع العملي بتكنولوجيات الطاقة الشمسية المتوفرة ولتطوير وتطويع تكنولوجيات أخرى .

ونظراً لأن كثيراً من مناطق الوطن العربي تعاني نقصاً في مياه الشرب بينما يتوفر لها الماء الأخضم أو ماء البحر . فقد أوصى فريق الخبراء بتوجيه أولوية العناية الى تطوير تكنولوجيات **ازالة ملوحة المياه** باستخدام الطاقة الشمسية . واقترح انشاء مصنع لازالة ملوحة المياه باستخدام مواد محلية وقوى عاملة محلية ينتج الماء لحوالي (٢٠٠ - ٥٠٠) نسمة . وينبغي اعتبار هذا نموذجاً لمشروع رائد يقام في بلد عربي تتوافر فيه الخبرة الفنية اللازمة أو يمكن توفيرها بسرعة . ويمكن بعد ذلك نشر نتائج هذا النشاط التجريبي في مختلف انحاء الدول العربية .

وثمة اقتراح آخر لمشروع رائد يتمثل في انشاء «قرية شمسية» ينتج فيها

الجزء الأكبر من الطاقة اللازمة باستخدام وسائل توفير الطاقة الشمسية .

ويستحسن أن يكون سكان القرية حوالي (٥٠٠) شخص ويمكن اقامتها في أي مكان في الدول العربية يلائم هذا الغرض . وسيوفر فيها الماء البارد وكذلك الماء الساخن للأغراض المنزلية باستخدام وسائل الطاقة الشمسية وتستخدم فيها العاكسات لأغراض الطهي . وبعد برنامج تدريبي لتعريف سكان القرية بمختلف أجهزة الطاقة الشمسية . ويمكن في مرحلة لاحقة توسيع المشروع بحيث يشمل استخدام الطاقة الشمسية في :

- تكييف الهواء في المنازل والمدارس ، الخ ... ؛
- تبريد الأغذية ؛
- توليد الطاقة مع نظام لتخزينها .

وهناك شعور بأن الخبرة العلمية والتكنولوجية المتوافرة في الدول العربية ستكون كافية لتنفيذ هذا المشروع الرائد مع الاستعانة في أدنى الحدود بالمساعدة الخارجية . وفيما يتعلق بالطهي الشمسي ، ينبغي أن يلاحظ أنه رغم اجراء الأنشطة التجريبية في عدد من البلاد النامية لم يتم احراز أي تقدم ملحوظ . وقد تكمن أهم أسباب ذلك في العادات الاجتماعية والثقافية التقليدية للسكان المعنيين . ومن ثم فان ما يتطلبه الأمر هو مزيد من تطويع التكنولوجيات الموجودة من ناحية وبرامج تدريبية شعبية من ناحية أخرى .

ويتعلق الاقتراح الثالث من اقتراحات فريق الخبراء بتوليد القوة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية . وهناك ، كما سبق القول ، امكانات طيبة لانتاج وحدات من الخلايا الشمسية بتكاليف منخفضة ومن نوع جيد . وحتى بدون تحقيق مزيد من التقدم التكنولوجي ، يمكن التوصل الى تخفيضات هامة في التكلفة باستخدام تقنيات الانتاج بالجملة .

ولذلك يقترح :

١ — تحديد الآلات والعمليات الانتاجية التي ستلزم لانتاج وحدات خلايا شمسية منخفضة التكلفة ؛

٢ — تقدير تكاليف انتاج لوحات شمسية من هذه الوحدات لتوليد الكهرباء ؛

٣ — تصميم وبناء لوحات متعددة لأغراض الايضاح . والغرض من هذه الجهود هو العرض الايضاحي لامكان استخدام الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء في البلاد العربية ، وتقديم أساس لدراسة اقامة منشآت الانتاج اللازمة .

وأخيراً درس فريق الخبراء تكثيف التعاون العربي في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية واقترح تعيين مسؤول اقليمي للتنسيق من بين العلماء العرب من العاملين حالياً في مجال الطاقة الشمسية . وستكون المهمة الأساسية لهذا المسؤول هي تنسيق جميع الجهود في مجال بحوث وتطبيقات الطاقة الشمسية التي تجريها مختلف البلاد العربية . ويعمل مسؤول التنسيق فضلاً عن ذلك على :

١ — تعزيز تبادل المعلومات في هذا المجال ؛

٢ — تنظيم الأفرقة والحلقات الدراسية والمؤتمرات العلمية في الدول العربية ؛

٣ — البحث عن هيئات ترعى تنظيم دورات تدريبية في الدول العربية وخارج المنطقة لتدريب العاملين في المراكز المحلية على اختلاف مستوياتهم .

ومن المأمول أن تؤدي هذه الأنشطة ، اذا أوصى بها مؤتمر كاستعرب ، الى مزيد من الدعم للتعاون بين الدول العربية في مجال الطاقة الشمسية كما قد تؤدي فيما بعد الى انشاء مركز اقليمي أو أكثر للطاقة الشمسية .

واقترح فريق الخبراء ، كاجراء عملي ، ايفاد بعثة علمية مشتركة تتألف من كبار العلماء العرب واليونسكو وربما ممثل «لبامت» ، لاعداد تفاصيل اقتراحات المشروعات سالفة الذكر بغرض عرضها على وكالات التمويل الدولية . وسوف تيسر هذه البعثات أيضاً حصر أنشطة البحوث الجارية والمعتزمة في مجال الطاقة الشمسية ، وتؤدي الى مزيد من برامج البحوث التعاونية في مجال الطاقة الشمسية للدول العربية .

المراجع

— Aden B. Meinel and Marjorie P. Merinel :
Applied Salar Energy, an Introduction .
* Addison - Wesley Publishing Co, Inc., U.S.A. (1977).

— B. J. Brinkworth :
Solar Energy for Man .
* Comptor Press, Salisbury/England, (1972).

— F. Daniels :
Direct Use of the Sun's Energy.
* Yale University Press, New Haven, U.S.A. (1973).

— J. A. Duffie and W.A. Beckman:
Solar Energy Thermal Prousses.
* Wiley, New York, U.S.A. (1974).

— A. M. Zarem and O. D. Erway :
Introduction to the Utilization of Solar Energy.
* Mcgraw - Hill, New York, U.S.A. (1963).

— V.B. Veinberg :
Optics in Equipment for the Utilization of Solar Energy.
* State Publication House, Moscow, U.S.S.R. (1959).

— Thieny Cabirol, Albert Pelisson et Daniel Roux :
Le Chauffe eau Solaire.
* Edisud, Aix-en-Provence, France (1978).

— Roger Peyturaux :
L'Energie Solaire.
* P. U. F. (Collection Que Sais-je ?), Paris, France (1975).

— H. Messel and S. T. Batler :
Solar Energy.
* Pergman Press, Oxford, England (1975).

E
d

— F. J. Bayley, J. M. Owen and A. B. Turner :
Heat Transfer.
* Thomas Nelson and Sons Ltd. London, (1972).
— Jacques Percebois :
L'Energie Solaire, Perspectives Economiques.
* Editions C.N.R.S., Paris, France (1975).
— Compte-Rendu des Travaux :
Conference Internationale sur l'Energie Solaire.
* Nice, France, (1977).

محتويات الكتاب

حسين أبو رميث اللويشي

٧ ليرات لبنانية أو ٧٠٠ درهم ليبيّ أو ما يعادلهما